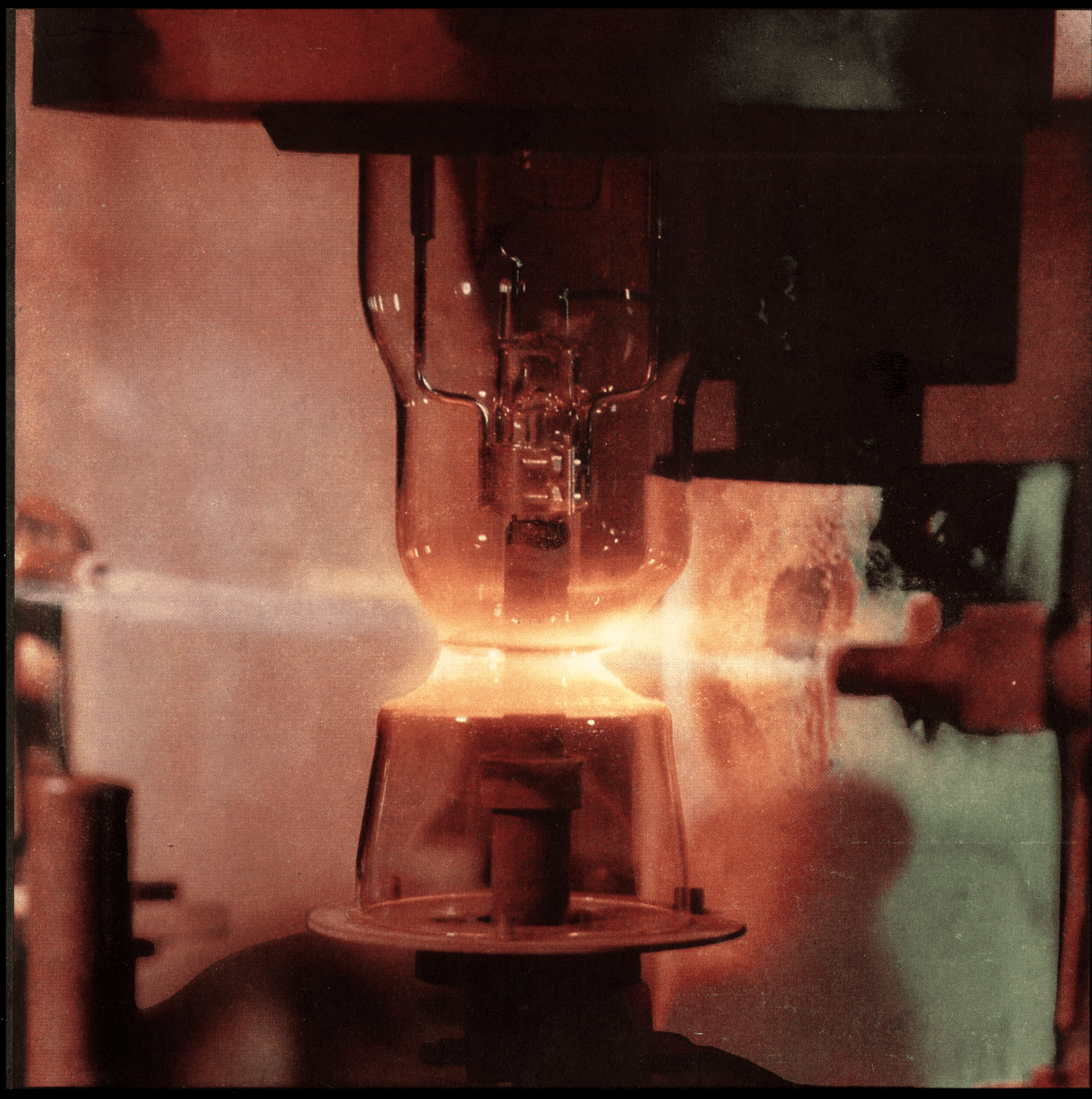
ELEKTRIE 12|84

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · EVP 2,50 Mark · ISSN 0013–5399



KOMBINAT VEB
NARVA
ROSA LUXEMBURG

NARVA
AKA ELECTRIC

0120309

NEUERSCHEINUNGEN · NEUERSCHEINUNGEN ·

Elektroenergieanlagen

Fachschullehrbuch für die Ausbildung von Ingenieuren der Fachrichtung Elektroenergieanlagen im Lehrgebiet Elektrotechnische Anlagen und Geräte.
(Ablösung des Titels Gester/Schmidt „Starkstromanlagen — Planung, Gestaltung, Berechnung")

Von Dr.-Ing. Heinz Bätz u.a.
348 Seiten, 255 Bilder, 92 Tafeln, Kunstleder, 26,— M.
Bestellangaben: 553 321 4/Bätz, Elektroenergie

Ausgehend von den grundsätzlichen Bestimmungen zum Errichten und Betreiben von Elektroenergieanlagen werden die Auswahl und Einsatzbedingungen von Bauteilen der Primär- und Sekundärtechnik (Schutztechnik) behandelt. Die wichtigsten Berechnungsverfahren für Elektroenergieanlagen, u.a. Beleuchtungs-, Kurzschlußstrom- und -festigkeitsberechnung, Ermittlung des Leistungs- und Energiebedarfs, Blindleistungskompensation, Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag, werden erläutert und mit Übungsbeispielen untersetzt. Darauf aufbauend wird die Projektierung von Elektroenergieanlagen einschließlich des Aufbaus kompletter Schalt- und Verteilungsanlagen auf der Grundlage moderner technisch-ökonomischer Erkenntnisse und Arbeitsweisen dargelegt.

Elektroenergienetze

Fachschullehrbuch für die Ausbildung von Ingenieuren der Fachrichtung Elektroenergieanlagen im Lehrgebiet Elektroenergienetze und Hochspannungstechnik.
(Ablösung des Titels Gester „Starkstromleitungen und Netze")

Von Dipl.-Ing. Winfried Benser u.a.
352 Seiten, 294 Bilder, 39 Tafeln, Kunstleder, 26,— M.
Bestellangaben: 553 323 0/Benser, Elektro

Behandelt werden die Elemente und Baugruppen zur Übertragung und Verteilung der Elektroenergie, die Strombelastbarkeit und der Schutz der Starkstromkabel und -leitungen, die Netzarten, hochspannungstechnische Probleme sowie die Berechnung der Elektroenergienetze für den störungsfreien Betrieb und bei Erd- und Kurzschlüssen. Die Darlegung des Stoffs erfolgt in Verbindung mit technisch-ökonomischen und technologischen Aspekten bei der Errichtung von Anlagen. Zahlreiche Übungsbeispiele sind enthalten.

Auslieferung in diesen Tagen durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

12|84 ELEKTRIE

38. Jahrgang

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

ISSN 0013-5399

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Die Zeitschrift erhielt die Silberne Plakette der KDT

Redaktionsbeirat

Vorsitzender:

Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:

Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Lappe · Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. H.-J Mau · Prof. Dr. phil. habil. G. Mierdel · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:

Dr.-Ing. K. Hanella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden · Dipl.-Ing. W. Knuth, Berlin

Titelbild

In den Betrieben des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg" werden Lampen und Leuchten für die unterschiedlichsten Einsatzzwecke produziert. Unser Foto zeigt den Einschmelzprozeß bei der Fertigung von Hochdrucklampen.
Die Erarbeitung rationeller Technologien zur automatisierten Produktion, die Entwicklung energiesparender Lampen und Leuchten sowie die Sicherung des wissenschaftlich-technischen Vorlaufs gehören zu den Aufgaben der Mitarbeiter des Forschungszentrums im Kombinat. Einige dieser Fragen sind Thema der Beiträge des vorliegenden Heftes.

Foto: Werkfoto

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Träger des Ordens Banner der Arbeit

Aus dem Inhalt

Seite

Aktuelle Information 442

Gündel, H.; Liewald, H.
Staatsauftrag „Senkung des Elektroenergieverbrauchs für Beleuchtungszwecke" 443

Weber, M.
Leitung von Innovationen in der Elektrotechnik 444

Fachaufsätze

Nerlinger, P.
Methode zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus von Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung 445

Nerlinger, P.
Die Nutzen-Kosten-Rate des Energiewandlers „Lichtquelle" 447

Hoger, E.-K.; Trotz, J.
Leistungskennwerte von Leuchtstofflampen bei höherer Betriebsfrequenz und unterschiedlichen Leuchtstoffarten 450

Amlong, U.-J.; Schöpe, H.
Natriumdampf-Hochdrucklampen und einige ihrer Besonderheiten im praktischen Betrieb 454

Heinze, J.
Stand und Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte für Hochdruckentladungslampen 457

Fischer, J.
Über das Intensitätsverhalten ausgewählter Linien von Quecksilberentladungsstrahlern in der Anlaufphase 458

Schade, P.; Sämisch, H.
Herstellung und Eigenschaften von Wolfram für die Lichtquellenindustrie 460

Schneider, R.; Plamann, W.
Einsatz von Metalljodiden als Leuchtzusätze in Hochdruckentladungslampen 464

Steldinger, G.; Goerke, R.
Ein neues Scheinwerferprogramm mit Halogenglühlampen 467

Beer, F.
Meßergebnisse zum Laufverhalten des Schaltlichtbogens und zur Verbesserung der Strombegrenzung in kompakten Löschblechkammern 470

Umschau

Kurzberichte 473

Fachtagungen 473

Zeitschriften 477

Bücher 478

AKTUELLE INFORMATION

Wissenschaftliche Tage 1985 der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg

Im Rahmen der Wissenschaftlichen Tage 1985 der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" sind folgende Veranstaltungen vorgesehen.

VII. Symposium „Verformung und Bruch"

Zeit: 3. bis 5. September 1985
Veranstalter:
Sektion Mathematik und Physik,
Wissenschaftsbereich Technische Physik,
Sektion Technologie der metallverarbeitenden Industrie,
Wissenschaftsbereich Werkstofftechnik,
Sektion Maschinenbau,
Wissenschaftsbereich Festkörpermechanik

Themenkomplexe

— Mikrostrukturelle Aspekte von Deformations- und Bruchprozessen
— Konzepte und Berechnungsmethoden der Bruchmechanik
— Dynamische Bruchmechanik
— Anwendungen der Bruchmechanik

II. Wissenschaftliche Konferenz „Philosophie und Technik"

Zeit: 5. und 6. September 1985
Veranstalter:
Arbeitsgruppe Philosophische Probleme der Naturwissenschaft und Technik in der Sektion Marxismus-Leninismus der TH „Otto von Guericke" in Magdeburg

Thema

Integration der Wissenschaften (Philosophische und historische Aspekte der Entwicklung der Technikwissenschaften)
Schwerpunkte

— Historische Aspekte der Integration der Technikwissenschaften. Zur Genese von Wissenschaftsdisziplinen durch Integration
— Mehrschichtigkeit von Integrationsprozessen der Technikwissenschaften. Integration der Technikwissenschaften zwischen ihren eigenen Disziplinen und mit den Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik. Die Anforderungen der Praxis an die Integration der Technikwissenschaften. Methodologische Konsequenzen der Integration der Technikwissenschaften.
— Integration der Technikwissenschaften aus der Sicht der Einheit von wissenschaftlich-technischem, ökonomischem und sozialen Fortschritt. Zur Integration von Technikwissenschaften und Gesellschaftswissenschaften.

Internationale Konferenz „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie MKÖ VIII"

Zeit: 10. September bis 13. September 1985
Veranstalter:
Technische Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg in Verbindung mit

— Akademie der Wissenschaften
— Mathematische Gesellschaft der DDR
— Hochschule für Ökonomie „Bruno Leuschner" Berlin
— VEB Kombinat Robotron
— VE Kombinat Datenverarbeitung
— Rat des Bezirkes Magdeburg
— VEB Kombinat „Karl Liebknecht" Magdeburg

Themenkomplexe

— Möglichkeiten, Ergebnisse und Probleme der Anwendung der Mathematik in den Wirtschaftswissenschaften
— Modellierung volkswirtschaftlicher Gesamtprozesse
— Analyse und Vergleich der wirtschaftlichen Tätigkeit von Kombinaten und Betrieben
— Optimierung von Leitungs- und Planungsprozessen in Kombinaten und Betrieben
— Komplexe Rationalisierung von Planungs-, Leitungs- und Verwaltungsprozessen mit Hilfe der Informationsverarbeitung
— Steuerung betrieblicher Leistungsprozesse

Weitere wissenschaftliche Veranstaltungen an der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" im Jahre 1985

- **10. Zentrale Studentenkonferenz Physik**
  Zeit: 5. und 6. Februar 1985
- **11. Zentrale Interdisziplinäre Wissenschaftliche Konferenz der Studenten und jungen Wissenschaftler — Materialökonomie**
  Zeit: 13. und 14. Juni 1985
- **5. Fachtagung „Elektrotechnologie"**
  Zeit: 28. und 29. August 1985
- **Gestaltung von Fertigungsprozessen im Maschinenbau**
  Zeit: 18. und 19. September 1985
- **Hydromechanisation 4**
  Zeit: 2. bis 4. Oktober 1985
- **6. Fachtagung „Hydraulik und Pneumatik"**
  Zeit: 5. und 6. November 1985
- **5. Symposium „Pumpen und Verdichter"**
  Zeit: 14. bis 16. November 1985
- **22. Diskussionstagung „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung"**
  Zeit: 20. und 21. November 1985

Anfragen

Technische Hochschule
„Otto von Guericke" Magdeburg
Tagungsbüro
3040 Magdeburg
Postschließfach 124
Tel.: 592209
J. Vogel, Magdeburg EA 1871

Angewandte Numerische Magnetfeldberechnung

2. Wintertagung

Zeit: 14. Februar 1985

Ort: Dresden, Technische Universität

Veranstalter:

Technische Universität Dresden
Sektion Elektrotechnik,
Wissenschaftsbereich elektrische Maschinen

Themen

— Weiterentwicklung der Feldberechnungsprogramme mit der Methode finiter Elemente (MFE) und der Methode finiter Differenzen (MFD) der Technische Unversität Dresden
— Weiterentwicklung der Feldberechnungsprogramme mit der MFD der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt
— Anwendungsmöglichkeiten der Rechenprogramme der Technischen Universität Dresden und der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt
  - Einsatzgebiete und Leistungsumfang
  - Diskretisierung mit Dreiecks- und rechteckähnlichen Elementen
  - Eingabeaufwand
  - Lösungsaufwand und Rechnerzeiten
  - Auswertung der Rechnerergebnisse mit Genauigkeitsuntersuchungen
— Diskussion über Einsatzgebiete mit Anwendungsbeispielen
  - Berechnung von Magnetkreisen hoher Nichtlinearität mit elektrischer und Dauermagneterregung
  - Berechnung von Luftspaltfeldern nichtlinearer Magnetkreise zur Ermittlung auch höherer Harmonischen

Anfragen

Technische Universität Dresden, Sektion Elektrotechnik
Doz. Dr. sc. techn. *W. Kunze*
8027 Dresden
Mommsenstraße 13
W. Kunze, Dresden EA 1872

Zum Jahreswechsel
wünschen wir allen unseren Lesern, Autoren,
Beiratsmitgliedern und Korrespondenten
viel Erfolg in der Arbeit,
persönliches Wohlergehen
und weiterhin gute Zusammenarbeit. *Ihre Redaktion*

Staatsauftrag „Senkung des Elektroenergieverbrauchs für Beleuchtungszwecke"

Von Prof. Dr. sc. Harald Gündel
Direktor des Forschungszentrums für Lichttechnik

Dr. oec. Horst Liewald
Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Generaldirektors im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg"

Für die künstliche Beleuchtung werden in den entwickelten Industriestaaten 10 bis 15% der erzeugten Elektroenergie — unsere hochwertigste Energieform — aufgewendet. Energie ist kostbar und wird zunehmend kostbarer.

Die DDR gehört zu den Industrieländern, die sich das Ziel gestellt haben, in den 80er Jahren die Befriedigung des volkswirtschaftlichen Beleuchtungsbedürfnisses bei absolut sinkendem Elektroenergieaufwand zu erreichen.

Diese Zielstellung ist in einem Staatsauftrag an das Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" fixiert, der konkret fordert, im Jahre 1985 20% weniger Elektroenergie als 1980 für die Beleuchtung in allen volkswirtschaftlichen, gesellschaftlich-kulturellen und privaten Bereichen in der DDR zu verwenden.

Dabei ist eindeutig festzustellen: Die anspruchsvolle Aufgabenstellung, eine absolute Energieeinsparung für Beleuchtungszwecke durchzusetzen, ist auf der Basis der Vervollkommnung der bekannten, den Durchschnitt der Lichtausbeute repräsentierenden Lichtquellen allein nicht realisierbar. Nur durch die schnellere Entwicklung und Verbreitung moderner Lampentypen, deren Lichtausbeute weit über dem Durchschnitt liegt, kann diese Aufgabe erfüllt werden.

Für das Kombinat NARVA bedeutete und bedeutet das, die Entwicklung hochveredelter lichttechnischer Erzeugnisse mit hohem Wirkungsgrad zu forcieren, die die Elektroenergie wirtschaftlich in Lichtenergie umsetzen und eine optimale Ausnutzung dieser Lichtenergie gewährleisten.

Dabei werden gleichzeitig die Entwicklung der Beleuchtungssysteme (Lampe, Leuchte, Vorschalt- und Zündgerät) mit den Beleuchtungsmethoden (Allgemeinbeleuchtung, arbeitsplatzorientierte Allgemeinbeleuchtung und kombinierte Beleuchtung) koordiniert, um neben dem Wirkungsgrad der Lichterzeugung aus der Elektroenergie auch den Wirkungsgrad der Nutzung des erzeugten Lichtes zu erhöhen.

Im einzelnen wurde folgender Weg beschritten:

1. Sicherung einer weiteren Erhöhung der Lichtausbeute der Entladungslampen, also der Leuchtstoff- und Hochdrucklampen, sowie Verringerung der Vorschaltgeräteverluste und Anhebung der Leuchtenwirkungsgrade.
2. Erhöhung des Anteils an Entladungslampen in allen Anwendungsgebieten anstelle der energieungünstigeren Temperaturstrahler (d. h. der im Wohn- und Gesellschaftsbereich noch vorherrschenden Glühlampen).
3. Anwendung von Lampen geringerer Leistungsaufnahme mit hoher Lichtausbeute.
4. Erhöhung des Beleuchtungswirkungsgrades über zweckmäßige Lichtverteilung durch geeignete Leuchtenkonstruktion (gezielte Zuordnung des Lichtes zur Arbeitsaufgabe).

Dementsprechend wurde die Erzeugnisentwicklung auf folgende Schwerpunkte konzentriert:

— Durchsetzung der Massenfertigung von Leuchtstofflampen in der Ausführung 32 mm Rohrdurchmesser mit erhöhter Lichtausbeute
— Beginn der Massenfertigung der 18-W-Leuchtstofflampen mit 26 mm Rohrdurchmesser
— Entwicklung und Produktionsbeginn von Doppelrohrleuchtstofflampen 9W
— Weiterentwicklung des NA-Lampen-Sortiments, Einführung der Leistungstypen NA 50 und NA 150
— Vorbereitung der Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte (eVG) für Entladungslampen
— Einführung eines neuen Straßenleuchtsystems für NA-Lampen mit der Möglichkeit des leistungsreduzierten Betriebes der Lampen.

Unser Staatsauftrag gilt zunächst bis 1985. Bereits jetzt ist zu erkennen, daß die Jahre 1985 bis 1995 in der Lichttechnik unter dem Einfluß unserer staatlichen Energiepolitik durch eine Innovationswelle gekennzeichnet sein werden, die bereits Anfang der 80er Jahre begonnen hat. Die Beleuchtungssysteme werden im Hinblick auf ihren Energieverbrauch erneut integral optimiert werden.

Wichtigste Konsequenzen hieraus sind:

1. Starkes Anwachsen der Produktion weiterentwickelter Leuchtstofflampen, die gegenüber Glühlampen in der Herstellung zwar aufwendiger, in der Anwendung aber bedeutend sparsamer sind (und die bereits heute mehr als 2/3 des Lichtbedarfs unserer Republik decken)
2. Einführung einer Mannigfaltigkeit von höherwertigen und gleichzeitig sparsamen glühlampenersetzenden Lichtquellen
3. Einführung eines breiteren Sortiments von neuen Niederdruck- und Hochdruckentladungslampen mit besonders niedrigen elektrischen Anschlußleistungen
4. Weitgehende Anwendung elektronischen Zubehörs für Entladungslampen.

Gleichzeitig richten wir große Anstrengungen darauf, den Erzeugnisfortschritt eng mit einem Fortschritt der Technologie zu verbinden.

Das erfordert einen einheitlichen und koordinierten Einsatz von wissenschaftlich-technischen Potentialen und Kapazitäten, die mit der Bildung des kombinatseigenen Forschungszentrums vor einigen Jahren in quantitativer und qualitativer Hinsicht effektiver strukturiert werden konnten.

Von den richtigen Relationen zwischen Grundlagenforschung, Entwicklung und Technologie bis hin zu leistungsfähigen Kapazitäten des Rationalisierungsmittelbaus hängt das ökonomische Ergebnis des Kombinates zunehmend ab. Innerhalb des Forschungszentrums wird deshalb die Grundlagenforschung als Quelle und Impulsgeber für hocheffektive Neuerungen aufgebaut. Mit einer forcierten Erzeugnisentwicklung, einer technologischen Vorlauf schaffenden Verfahrensentwicklung und einer effektiven lichttechnischen Formgestaltung trägt es gemeinsam mit dem im Ausbau befindlichen Rationalisierungsmittelbau dafür Sorge, daß die ökonomische Wirksamkeit von Wissenschaft und Technik ständig verbessert wird.

Damit werden die Voraussetzungen für eine schnellere Umsetzung wissenschaftlich-technischer Ergebnisse zur Erneuerung des Produktionssortiments auf hohem technologischen Niveau und für eine auch künftig stabile Leistungsentwicklung des Kombinats insgesamt geschaffen.

EA 1815

Leitung von Innovationen in der Elektrotechnik

1. Vorbemerkung

Zur Strategienbildung für Innovationen und Entscheidungsvorbereitung über Innovationsprojekte erweist sich die schrittweise Entwicklung und Anwendung eines systemanalytischen Instrumentariums einschließlich des Rechnereinsatzes mehr und mehr als Notwendigkeit [1] bis [5].

Von 1982 bis 1984 wurde am Internationalen Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) in Laxenburg (Österreich) eine Fallstudie zur Leitung von Innovationen in der Elektrotechnik durchgeführt, an der sich Firmen aus 18 Ländern beteiligten. Der vorliegende Beitrag verallgemeinert ausgewählte Resultate mit dem Ziel, sie für die Vervollkommnung der Leitungstätigkeit auf dem Gebiet der Innovationsstrategien in Kombinaten der DDR zu erschließen.

2. Ziele, Schwerpunkte und Methoden der Fallstudie

Sowohl kleine als auch große Wirtschaftseinheiten sozialistischer wie kapitalistischer Länder sehen sich u.a. mit folgenden Problemen konfrontiert:

- Erarbeitung, Bewertung und Auswahl von Innovationsstrategien (und -projekten) als Teil einer Gesamtstrategie
- Entwicklung von innovationsfördernden Strukturen
- Gewinnung und Verarbeitung von Informationen, die für die Leitung von Innovationen in all ihren Phasen relevant sind
- Entwicklung und bessere Nutzung des kreativen Potentials.

Ziel der Fallstudie war deshalb die Identifikation von bewährten Methoden und Instrumentarien für die Leitung von Innovationen und ihre Übertragung, auf andere Wirtschaftseinheiten.

Die Fallstudie bestand im wesentlichen in einer vergleichenden Analyse des Leitungssystems von Innovationen in Betrieben der Elektrotechnik verschiedener Länder. Die drei Forschungsschwerpunkte lassen sich mit den Begriffen *Strategie*, *Leitungsstruktur* und *Leitungsstil* umreißen.

3. Strukturen für die Leitung von Innovationen

Die oftmals kontroversen Diskussionen auf den Arbeitskonferenzen zum Problemkreis der Leitungsstrukturen konzentrierten sich auf folgende Fragen:

- Identifikation von Entwicklungstendenzen und Anforderungen der zukünftigen Entwicklung an die Leitungsstrukturen
- Aufdeckung der Wechselwirkung zwischen Leitungsstrukturen und Innovationen
- Festlegung, Koordinierung und Kontrolle des Zusammenwirkens aller Struktureinheiten in der Entscheidungsvorbereitung und der Innovationstätigkeit
- Sinnvolle Bestimmung von Verantwortlichkeiten
- Richtiges Verhältnis von Zentralisierung und Dezentralisierung, von Flexibilität und Stabilität sowie angemessener Formalisierungsgrad der Entscheidungsfindung (vgl. Abschn. 5.).

Die Erkenntnisse aus der IIASA-Studie korrespondieren mit neuesten Resultaten anderer Forschungszentren [6].

In mehreren Beiträgen wurde gezeigt, daß die Instrumentarien zur Entscheidungsvorbereitung, die Möglichkeiten ihrer Nutzung, die Formen ihrer organisatorischen Einbindung in die Entscheidungsprozesse usw. von der Überlagerung der traditionellen Leitungsstrukturen durch Matrixstrukturen [7], durch die Projektleitung [8] u.a. Entwicklungen maßgeblich beeinflußt werden. In der (De-)Zentralisierung der Entscheidungsfindung, in der Gewährleistung der Stabilität und Flexibilität von Strategien, Plänen, Leistungsstrukturen usw. sowie in der Formalisierung wirken widersprüchliche Tendenzen [9].

Komplexität und Differenziertheit der Leitung, Vielfalt der Leitungsstrukturen, Dezentralisierung bestimmter Entscheidungen und andere Faktoren erfordern z.B. einerseits intensive horizontale, vertikale und diagonale Kommunikation, die die Formalisierung und höchstmögliche Nutzung der modernen technischen Mittel [10] [11] einschließt und andererseits Begrenzung der Kommunikation, Abkehr von unangemessener Formalisierung sowie Direktkontakte ohne die Vermittlung durch Informationsverarbeitungstechnik.

In den Beiträgen [12] [13], vgl. auch [14], wurde der Nachweis versucht, daß sich in der Entwicklung der vielfältigen Leitungsstrukturen allgemeine Trends erkennen lassen, die als Kriterium für die Richtigkeit getroffener Strukturentscheidungen dienen können. Merkmale von Innovationen prägen Innovations- und Strukturentscheidungen und umgekehrt.

4. Subjektiver Faktor und Leitungsstil in der strategischen Planung für Innovationen

Die Arbeitskonferenz von Albena (VR Bulgarien) stand vor der Aufgabe, Wege zur Integration des subjektiven Faktors in den strategischen Planungsprozeß aufzuzeigen.

In mehreren Beiträgen wurde die Bedeutung von „Schlüsselpersonen" hervorgehoben; vgl. [15] [16]. In den Wechselbeziehungen von verschiedenen Individuen und Interessengruppen können sich in Innovationen Konflikte ausbilden, von deren Lösung der Ablauf der Prozesse maßgeblich beeinflußt wird. Es wurde bestätigt, daß das Unverständnis der Rollen und Erwartungen der an Entscheidungsprozessen beteiligten Individuen und Interessengruppen in vielen Fällen auch zu Mißerfolgen bei der rechnergestützten Entscheidungsvorbereitung führt [17]. Interessante Diskussionen gab es zu den bestimmenden Faktoren für die Wahl der Methoden der strategischen Arbeit [18] [19].

Die strategische Arbeit für Innovationen wird durch Innovationsprozesse selbst einem Wandel unterworfen. Von der Einführung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien, die mit grundlegenden organisatorischen Innovationen einhergehen und das Wesen der strategischen Arbeit als kollektiver Prozeß [11] berücksichtigen muß, kann die strategische Arbeit wesentliche Impulse empfangen.

5. Stand und Perspektiven der Anwendung formaler Methoden und des Rechnereinsatzes für die Leitung von Innovationen in Firmen der Elektrotechnik

Erste praktische Erfahrungen bei der Anwendung formaler Methoden liegen bei ČKD (Prag), GANZ (Budapest) und ELEKTROSILA vor [20] [21] [22]. Bei ELEKTROSILA gibt es beispielsweise Bestrebungen, rechnergestützt und interaktiv Leitungsprobleme aller Art zu lösen, also auch schwachstrukturierte Probleme, die u.a. für die strategische Arbeit für Innovationen typisch sind.

Weitere Konferenzteilnehmer hoben in ihren Beiträgen [23] [24] [25] [26] Wesensmerkmale von Innovationen und Aspekte ihrer Leitung hervor, die der Formalisierung von Leitungsentscheidungen mehr oder weniger enge Grenzen setzen und die Einsatzfähigkeit formaler Methoden einschränken.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden:

1. Die Potenzen rechnergestützter mathematischer Modelle und formalisierter Methoden in der Leitung von Innovationen sind keineswegs ausgeschöpft [27].
2. In jeder Wirtschaftseinheit müssen eigenständige Untersuchungen und Entwicklungen zur rechnergestützten Innovationsleitung durchgeführt werden.
3. Kollektive Entscheidungsvorbereitung, Einbeziehung von Experten, dezentralisierte Informationsverarbeitung, iteratives und interaktives Vorgehen sowie der Wechsel zwischen Phasen mit und ohne Rechnerunterstützung werden in den Vordergrund gerückt.
4. In der Zukunft wird nicht der isolierte Einsatz einzelner formaler Methoden typisch sein, sondern ihre Anwendung im Rahmen von Systemen der Entscheidungsvorbereitung [28] [29].
5. Gerade bei schwachstrukturierten Problemen sollte die Wissensbasis weitgehend „im Kopf des Entscheidungsträgers" verbleiben.

Die IIASA-Fallstudie ergänzt und bestätigt in vieler Hinsicht die Resultate anderer Systemforschungsinstitute über die Leitung von Innovationen, vgl. z.B. [30] [31].

Literatur

[1] *Maier, H.:* Interdisziplinäre Arbeit bei der Bildung wissenschaftlich-technischer Strategien, Einheit, Berlin 39 (1984) 5, S. 420 – 424

[2] *Lauenroth, H.-G.; Brandt, M.:* Flexible Automatisierung – Systemanalyse einer Innovation. Forschungsbericht. Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der AdW der DDR, Berlin 1983

[3] *Weber, M.:* ESPRA – ein System zur Bewertung und Auswahl von Innovationsprojekten. Rechentechnik und Datenverarbeitung, Berlin 20 (1983) 3, S. 23 – 25

[4] *Maier, H.:* Wissenschaftlich-technische Neuerungsprozesse, Effektivität und Strategienbildung, Wirtschaftswissenschaft, Berlin 29 (1981) 11. S. 1313 – 1329

[5] *Reichel, R.:* Allgemeine System- und Prozeßmerkmale für die Analyse komplexer Neuerungsprozesse. Mitteilungen zu wissenschaftsökonomischen Untersuchungen Nr. 59, Hochschule für Ökonomie „Bruno Leuschner" Berlin, Juni 1983, S. 85 – 94

[6] *Hull, F.; Hage, J.:* Innovative Pay-Off From R&D: Organization Designs for Efficient Research Performance. Center for Innovation, University of Maryland, in Cooperation with Innovation and Productivity Strategies Research Program, Rutgers University Newark, New Jersey, 1983

[7] *Nomoto, A.:* Matrix Management: Management Innovation for Innovation Management: In [33, S. 125 – 131]

Fortsetzung auf Seite 473

Methode zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus von Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung

P. Nerlinger, KDT, Berlin

Für die Beurteilung neuer und weiterentwickelter Erzeugnisse sowie für die Ableitung von Zielstellungen für die Entwicklung der Erzeugnisse sind komplexe Erzeugnisvergleiche erforderlich.
Einem Erzeugnis sind durch die produktionsvorbereitenden Bereiche und die Fertigung nicht nur die Gebrauchswerte, sondern auch die Kosten für ihre Realisierung eingeprägt. Bei Erzeugnissen, wie Lichtquellen, die der Energiewandlung dienen, gehören hierher auch die Betriebskosten. Sie bestimmen — insbesondere mit ihrem Energiekostenanteil über den Wirkungsgrad des Energiewandlungsprozesses zu einem nicht unwesentlichen Teil das wissenschaftlich-technische Niveau des Erzeugnisses. Auch die angewendete Technologie des Erzeugnisses und die Rationalität des Fertigungsprozesses bestimmen mit über den Preis das wissenschaftlich-technische Niveau des Erzeugnisses.
Erzeugnisvergleiche haben demzufolge das komplexe wissenschaftlich-technische Niveau zu erfassen und sollen mit dieser Zielstellung einen objektiven Charakter aufweisen.
Der Kehrwert des vielfach angezogenen Preis-Leistungs-Verhältnisses eines Erzeugnisses [1] kommt dieser Forderung vom Grundsatz her dann nach, wenn neben dem Preis auch alle während der Nutzenszeit eines Erzeugnisses anfallenden Nutzungskosten berücksichtigt werden. Schwierigkeiten bereitet jedoch vielfach im konkreten Anwendungsfall des Kehrwertes des Preis-Leistungs-Verhältnisses (im folgenden als Nutzen-Kosten-Rate bezeichnet) die Auswahl der bestimmenden Parameter.
Für Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung gelingt es jedoch auf relativ einfache Weise einen die entscheidenden Parameter enthaltenden geschlossenen Ausdruck für die Bewertung des wissenschaftlich-technischen Niveaus eines Erzeugnisses aufzufinden, der auch für die verschiedensten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von entscheidender Bedeutung ist [2].

1. Nutzen-Kosten-Rate von Lichtquellen

Ausgangspunkt ist die von den Lichttechnikern vielfach benutzte Beziehung für die Berechnung der Kosten einer Lichtquelle je erzeugter Megalumenstunde [3] [4]

$$\text{M/M (M lmh)}^{-1} = \frac{P + 10^{-3}\, a\, N\, t}{10^{-6}\, \Phi\, t} \tag{1}$$

P Preis der Lichtquellen in M
N Leistungsaufnahme der Lichtquellen in M/kWh
a spez. Energiekosten in M/kWh
t Nutzenszeit der Lichtquelle in h
Φ Lichtstrom der Lichtquelle in lm.

Ihr Kehrwert stellt die einfachste Form einer Nutzen-Kosten-Rate Γ einer Lichtquelle dar

$$\Gamma = \frac{10^{-6}\, \Phi\, t}{P + 10^{-3}\, a\, N\, t}. \tag{2}$$

Im Zähler steht hier die den Nutzen bestimmende Lichtarbeit, zusammengesetzt aus den gebrauchswertbestimmenden Parametern Lichtstrom Φ und Nutzungszeit t.
Der Nenner enthält den kostenbestimmenden Preis P und die Kosten der verbrauchten Elektroenergie während der Nutzungszeit. Damit stellen p, N, t die kostenbestimmenden Parameter der Lichtquelle dar.
Hervorzuheben ist also, daß die Nutzenszeit sowohl gebrauchswert- als auch kostenbestimmender Parameter ist.

2. Einbeziehung der Farbwiedergabe in die Nutzen-Kosten-Rate

Soll auch die Anforderung einer Sehaufgabe an die Farbwiedergabe einer Lichtquelle Berücksichtigung finden, ist die Lichtarbeit mit einem Effektivitätsfaktor $e = f(Ra, v)$ zu beaufschlagen, der den allgemeinen Farbwiedergabeindex Ra einer Lichtquelle als weiteren gebrauchswertbestimmenden Parameter und einen Bewertungsfaktor v der Bedeutung der Farbwiedergabe für die Sehaufgabe berücksichtigt.
Der genannte Effektivitätsfaktor der Lichtarbeit weist die Form

$$e = 1 + v\left(\frac{Ra}{100} - 1\right)$$

auf [2], wobei der Bewertungsfaktor v — der Bedeutung der Farbwiedergabe für die Sehaufgabe — in Anlehnung an die TGL „Beleuchtung mit künstlichem Licht" [5] und die Festlegungen der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE) [6] nach Tafel 1 bestimmt ist.
Damit erhält man für die auf die Farbwiedergabe erweiterte Nutzen-Kosten-Rate [2]:

$$\Gamma = \frac{10^{-6}\, \Phi\, t \left[1 + v\left(\frac{Ra}{100} - 1\right)\right]}{p + 10^{-3}\, a\, N\, t}. \tag{3}$$

Weist beispielsweise eine Lichtquelle einen allgemeinen Farbwiedergabeindex von $Ra = 80$ auf, ist diese vorzugsweise für den Einsatz in der Farbstufe II vorgesehen und sollte keinesfalls in der Farbstufe I zum Einsatz kommen.
Für diese Lichtquelle gilt dann $v = 0{,}5$.

3. Nutzen-Kosten-Rate einer Lichtquelle für Allgemeinbeleuchtung unter Einbeziehung der Zuverlässigkeit des Erzeugnisses

Wird in die vorstehenden Beziehungen für die Nutzen-Kosten-Rate anstelle der Nutzungszeit t die Nennlebensdauer L eingesetzt, erhält man die auf die Nennlebensdauer bezogene Nutzen-Kosten-Rate.

Wird bei einer einzelnen Lichtquelle die Gesamtbetriebsdauer bis zu ihrem Ausfall t_A ausgedehnt, erhält man mit $t = t_A$ die von dieser Lichtquelle speziell erlangte Nutzen-Kosten-Rate.
Für Lichtquellen, die der Gruppenauswechslung zu einem festgelegten Zeitpunkt (bezogen auf die Summe der Betriebszeiten) T_γ unterliegen, ist zur Bestimmung einer mittleren Nutzen-Kosten-Rate $\bar{\Gamma}$, die auf Grund der Zuverlässigkeit des Erzeugnisses sich ergebende mittlere Betriebsdauer $\bar{t}_{T_\gamma}$ einzusetzen.
Dabei stellt T_γ den Zeitpunkt der Gruppenauswechslung in Brennstunden dar, zu dem noch γ-Prozent (z. B. 90 %) der eingesetzten Lichtquellen überleben und voll funktionsfähig sind [8]. Es gilt dann für die mittlere Betriebs- oder Nutzungsdauer $\bar{t}_{T_\gamma}$ der Lichtquellen

$$\bar{t}_{T_\gamma} < T_\gamma \quad \text{für} \quad \gamma < 100\,\%$$

wegen der (100-γ) Prozent bis T_γ verschlissenen Lichtquellen. Für die mittlere Betriebsdauer [7] gilt:

$$\bar{t}_{T_\gamma} = \int_0^{T_\gamma} t\, \mathrm{f}(t)\, \mathrm{d}t + T_\gamma\, R(T_\gamma) \tag{4}$$

$f(t)$ Dichtefunktion der Ausfallverteilung
$R(t)$ Überlebenswahrscheinlichkeit des Lichtquellentyps.

Da für $\int t\, \mathrm{f}(t)\, \mathrm{d}t$ bei Normalverteilung kein geschlossener Ausdruck existiert, wird in dem Bereich $0 < t \leqq T_\gamma$ für die Dichtefunktion näherungsweise $\mathrm{f}(t) = \alpha$ gesetzt, wobei α eine Konstante darstellt. Man erhält dann für Gl. (4):

$$\bar{t}_{T_\gamma} = \frac{\alpha}{2}\, T_\gamma^2 + T_\gamma\, R(T_\gamma) = \left(\frac{\alpha}{2}\, T_\gamma + \frac{\gamma^{T_\gamma}}{100}\right) T_\gamma,$$

wenn unter γ die prozentuale Überlebenswahrscheinlichkeit $\gamma/100 = R$ verstanden wird [7].
Wegen $\alpha = \dfrac{1 - \gamma/100}{T_\gamma}$ erhält man schließlich

$$\bar{t}_{T_\gamma} = \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right) \frac{T_\gamma}{2}.$$

Dr.-Ing. *Peter Nerlinger* ist Beauftragter für Zuverlässigkeit der Erzeugnisse im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

Tafel 1. Bewertung der Farbwiedergabe für verschiedene Beleuchtungsaufgaben

Beleuchtungsaufgabe	Stufe	Unterer Grenzwert des Farbwiedergabeindex R_a	Bewertungsfaktor v
Höchste Anforderungen an die Farbwiedergabe	I	85	1
Hohe Anforderungen an die Farbwiedergabe	II	70	0,5
Mittlere Anforderungen an die Farbwiedergabe	III	40	0,25
Mäßige Anforderungen an die Farbwiedergabe	IV	0	0,15

Die auf den Zeitpunkt der Gruppenauswechslung orientierte mittlere Nutzen-Kosten-Rate lautet dann

$$\overline{\Gamma} = \frac{10^{-6}\,\Phi\left[1 + v\left(\frac{Ra}{100} - 1\right)\right]}{\frac{2\,P}{\left(1 + \frac{\gamma(T_\gamma)}{100}\right)T_\gamma} + 10^{-3}\,a\,N}.$$

4. Beispiel für die Bestimmung der Nutzen-Kosten-Rate

Zur Vereinfachung werden nachfolgend abgerundete Kennwerte angenommen:

Leistungsaufnahme	N	= 250 W
Lichtstrom	Φ	= 25000 lm
allgem. Farbwiedergabeindex	R_a	= 30
Nennlebensdauer	L	= 10000 h
gammaprozentuale Lebensdauer	T_γ	= 0,7 L }
prozentuale Überlebenswahrscheinlichkeit	γ	= 70% }
Preis (IAP)	P	= 100,– M.

Der Einsatz der Lichtquelle soll in der hier einzig zulässigen Farbwiedergabestufe IV erfolgen (Bewertungsfaktor $v = 0{,}15$). Die spezifischen Energiekosten sollen $a = 0{,}20$ M/kWh betragen.
Die auf den Zeitpunkt der Gruppenauswechslung orientierte mittlere Nutzen-Kosten-Rate bestimmt sich dann wie folgt:

$$\overline{\Gamma} = \frac{10^{-6}\,\Phi\left[1 + v\left(\frac{Ra}{100} - 1\right)\right]}{\frac{2\,P}{\left(1 + \frac{\gamma}{100}\right)T_\gamma} + 10^{-3}\,a\,N} = \underline{0{,}335\ \text{Mlm h M}^{-1}}.$$

Die Erhöhung des wissenschaftlich-technischen Niveaus einer Lichtquelle spiegelt sich in der Erhöhung der Nutzen-Kosten-Rate bzw. in der relativen Änderung der Nutzen-Kosten-Rate wider:

$$\frac{\Delta\,\Gamma}{\Gamma} = \frac{\Gamma_n - \Gamma_0}{\Gamma_0} \qquad (5)$$

Γ_0 Nutzen-Kosten-Rate des Vergleichs- oder Basiserzeugnisses
Γ_n Nutzen-Kosten-Rate des zu vergleichenden Erzeugnisses.

Sie kann verursacht werden durch die Verbesserung, d.h. relative Erhöhung eines der Kennwerte der Lichtquelle.
Im hier betrachteten Beispiel würde die Erhöhung der Nutzen-Kosten-Rate auf $\Gamma = 0{,}345$ Mlm h M^{-1}, d.h. um 0,010 Mlm h M^{-1} einer relativen Änderung der Nutzen-Kosten-Rate um knapp 3% führen. Sie könnte verursacht werden durch eine Erhöhung

- des Lichtstromes um etwa 700 lm
  (entspr. einer rel. Änderung des Lichtstromes um etwa 3%)
- der Nennlebensdauer um etwa 1200 h
  (entspr. einer rel. Änderung der Lebensdauer um etwa 12%)
- der γ-prozentualen Lebensdauer um etwa 850 h
  (entspr. einer rel. Änderung der γ%-Lebensd. um etwa 12%)
- der prozentualen Überlebenswahrsch. um etwa 20%
  (entspr. einer rel. Änderung der Überlebenswahrscheinlichkeit um etwa 30%)

oder durch eine Minderung

- der Leistungsaufnahme um etwa 9 W,
  (entspricht einer relativen Änderung der Leistungsaufnahme um etwa 3,5%)
- des Preises um etwa 10,50 M
  (entspricht einer relativen Änderung des Preises um etwa 10,5%).

Welche der hier betrachteten Veränderungen der Kennwerte zur Erhöhung der Nutzen-Kosten-Rate im Einzelfall der Lichtquelle real möglich sind, wird durch die Entwicklung von Wissenschaft, Technik, Technologie und Kosten bestimmt. Durch eine solche Betrachtungsweise ist es in jedem Einzelfall möglich, wesentliche Einsichten zu gewinnen.

5. Zusammenfassung

Mit der vorgestellten Nutzen-Kosten-Rate einer Lichtquelle liegt eine komplexe Kennziffer für die Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus und der Wirtschaftlichkeit von Erzeugnissen der Lichtquellen-Industrie, die der Allgemeinbeleuchtung dienen, vor.
Sie kann in dieser einfachen Weise immer dann berechnet werden, wenn für das neu- oder weiterentwickelte Erzeugnis ein auf der Basis der Selbstkosten unter Einschluß des kalkulatorischen Gewinnzuschlages berechneter BP vorliegt. Man erhält dann die Nutzen-Kosten-Rate, die unmittelbar durch die Veränderungen am Erzeugnis eintritt, ohne Berücksichtigung einer Nutzensteilung zwischen Anwender und Hersteller.
Wird jedoch ein BP verwendet, der bereits eine Nutzensteilung zugunsten des Herstellers beinhaltet, erhält man eine modifizierte Nutzen-Kosten-Rate, die allen weiteren Betrachtungen zugrunde zu legen ist.
Wird der IAP eingesetzt, erhält man die Nutzen-Kosten-Rate, wie sie für den industriellen Anwender wirksam wird.
Die vorgestellte Nutzen-Kosten-Rate hat den Vorteil, daß das wissenschaftlich-technische Niveau derartiger Lichtquellen unmittelbar aus den bestimmenden Parametern der Lichtquelle berechnet werden kann und keiner Wichtung ihrer Parameter bedarf, wie es z.B. TGL 33210 „Bewertung der Qualität von Lichtquellen" erfordert und die darüber hinaus den Preis des Erzeugnisses und die Betriebskosten unberücksichtigt läßt.
Die Wichtung der Parameter kann — falls dennoch im besonderen erforderlich — da ein geschlossener Ausdruck für die Kennzeichnung des wissenschalich-technischen Niveaus vorliegt, berechnet werden.
Das vorgestellte Verfahren zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus ist damit geeignet für

- Glühlampen für Allgemeinbeleuchtung
- Zweck- und Zierformlampen
- Halogenglühlampen für Allgemeinbeleuchtung
- Entladungslampen für Allgemeinbeleuchtung.

Nach entsprechender Modifikation ist das Verfahren auch auf weitere Lichtquellentypen anwendbar.
Die relative Änderung der Nutzen-Kosten-Rate beim Übergang von einem Vergleichserzeugnis auf ein neu- oder weiterentwickeltes Erzeugnis kann auch zur unmittelbaren Berechnung eines BP unter Einschluß einer Nutzensteilung verwendet werden [2]. Auf diese Möglichkeit wird an anderer Stelle nochmals ausführlicher eingegangen werden.

Literatur

[1] Beschluß über die Bildung der Industriepreise zur Durchführung des Beschlusses zur Leistungsbewertung der Betriebe und Kombinate vom 10. 6. 1976 GBl. I (1975) 24, S. 317–321
[2] *Nerlinger, P.*: Die Nutzen-Kosten-Rate von Erzeugnissen und ihre Anwendung auf Lichtquellen. Diss. 1982, Technische Hochschule Ilmenau
[3] *Neumann, E.*: Die physikalischen Grundlagen der Leuchtstofflampen und Leuchtröhren. Berlin: VEB Verlag Technik 1954, S. 138
[4] Autorenkollektiv: Philips-Licht-Handbuch. Eindhoven 1975
[5] TGL 200-0617/07: Beleuchtung mit künstlichem Licht. Innenraumbeleuchtung. Ausgabe Mai 1974
[6] GUIDE on Interior Lighting. Publikation Nr. 29 der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE), Ausgabe 1975
[7] *Nerlinger, P.*: Zuverlässigkeit und wirtschaftliche Nutzungszeit von Lichtquellen. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 11, S. 565–568
[8] TGL 26096: Zuverlässigkeit in der Technik. Ausgabe 1978

EA 5370

Die Nutzen-Kosten-Rate des Energiewandlers „Lichtquelle"

P. Nerlinger, KDT, Berlin

1. Die Nutzen-Kosten-Rate von Erzeugnissen

Da sowohl der Gebrauchswert als auch die Kosten von Erzeugnissen von einer Reihe von Parametern abhängen, gilt allgemein:

$$\Gamma = \frac{G\,(g_1\,g_2 \cdots g_n)}{K\,(k_1, k_2 \cdots k_m)} \tag{1}$$

G Gebrauchswert — g_i gebrauchswertbestimmende Parameter
K Kosten — k_i kostenbestimmende Parameter.

Dieser als Nutzen-Kosten-Rate (N-K-R) bezeichnete Ausdruck gibt den Wirkungsgrad an, mit dem ein an ein Erzeugnis gebundener Gebrauchswert je Geldeinheit bereitgestellt wird [1].
Die N-K-R erfaßt nicht nur den Preis des Erzeugnisses, sondern auch seine Betriebs-, Wartungs-, Bedienkosten usw.

2. Die Nutzen-Kosten-Rate von Lichtquellen

Die Anwendung der N-K-R auf Lichtquellen erfordert zunächst die Herauslösung sowohl der gebrauchswertbestimmenden Parameter g_i als auch der kostenbestimmenden Parameter k_i aus der Vielzahl der eine Lichtquelle bestimmenden Parameter.
Dies ist in [1] im einzelnen gezeigt und in [2] in drei verschiedenen Varianten zur Anwendung gebracht worden.
Hier wird die in [2] unter Einbeziehung der Farbwiedergabe abgeleitete N-K-R benutzt (siehe S. 445—446 in diesem Heft).

$$\Gamma = \frac{10^{-6}\,\Phi\,t\left[1 + V\left(\frac{R_a}{100} - 1\right)\right]}{(p + 10^{-3})\,a\,N\,t} \tag{2}$$

Φ Lichtstrom der Lichtquelle in lm
t Nutzungszeit (Lebensdauer) der Lichtquelle in h
R_a allgemeiner Farbwiedergabeindex
P Preis des Erzeugnisses in M
N Leistungsaufnahme der Lichtquelle in W
V Bewertungsfaktor der Farbwiedergabe für die Sehaufgabe
a spezifische Energiekosten in M/kWh

Die Beziehung (2) wird im weiteren in der Form

$$\Gamma/\mathrm{Mlmh.M^{-1}} = \frac{10^{-3}}{a}\,\eta\,\frac{100 + V\,(R_a - 100)}{100}\,\frac{1}{\frac{10^{-3}}{a}\,\frac{P}{N \cdot t} + 1} \tag{3}$$

mit $\Phi/N = \eta$ = Wirkungsgrad der Energiewandlung = Lichtausbeute benutzt.
Läßt man in dieser Beziehung $p \to 0$ und/oder $t \to \infty$ streben, erhält man die N-K-R einer wiederholt geschenkten und/oder ewig brennenden Lichtquelle.
Für diese hypothetische Lichtquelle gilt dann

$$\Gamma_{0,\infty}/\mathrm{Mlmh.M^{-1}} = \frac{10^{-3}}{a}\,\eta\,\frac{100 + V\,(R_a - 100)}{100} \tag{4}$$

und für die reale Lichtquelle mit ihrem Preis P und ihrer Lebensdauer t ergibt sich dann

$$\Gamma_{P,t} = \Gamma_{0,\infty} \cdot \alpha \tag{5}$$

$$\alpha = \frac{1}{\frac{10^3}{a}\,\frac{P}{t\,N} + 1} \tag{6}$$

$$1 \geqq \alpha > 0 \cdot$$

Dieses Gleichungssystem kann so interpretiert werden, daß die Beziehung (4) die Physik des Energiewandlers „Lichtquelle" durch den Wirkungsgrad η und den Farbwiedergabeindex R_a widerspiegelt, während die Beziehung (6) die Portionierung durch die Leistungsaufnahme N und über die Lebensdauer t und den Preis P das technisch-technologische Niveau beinhaltet.

3. Die Nutzen-Kosten-Rate der hypothetischen Lichtquelle

Die N-K-R der hypothetischen Lichtquelle ist in erster Linie eine Funktion der Lichtausbeute η. Der Bewertungsfaktor v der Farbwiedergabe für die Sehaufgabe und der Farbwiedergabeindex R_a treten als Scharparameter auf. Alle hypothetischen Lichtquellen lassen sich nun — für den Fall, daß die Farbwiedergabe vernachlässigt, d.h. $v = 0$ gesetzt wird — gemäß Bild 1 auf einer Geraden mit der Steigerung $10^{-3}/a$ anordnen, wobei a die spezifischen Energiekosten angibt. Betrachtet man beispielsweise eine hypothetische Lichtquelle, die mit der theoretisch-höchsten Lichtausbeute — dem lichtelektrischen Strahlungsäquivalent von 680 lm/W — strahlt, würde die N-K-R des Strahlungsäquivalents von 8,5 Mlmh/M erreicht werden. Für eine die gelbe Na-Linie emittierende hypothetische Lichtquelle unter Berücksichtigung maximaler Wirkungsgrade von jeweils 0,9 infolge der auftretenden Verluste — wie Elektroden-, Wärme-, Absorbtions- und Vorschaltgeräteverluste — führt auf eine Grenzlichtausbeute von 310 lm/W und damit auf eine Grenz-N-K-R von 3,9 Mlmh/M. Für eine weiße Lichtquelle mit einer Grenzlichtausbeute von 220 lm/W erhält man eine Grenz-N-K-R von 2,75 Mlmh/M. (Alle Angaben gelten für $a = 0{,}08$ M/kWh.)
Die Berücksichtigung der Farbwiedergabeeigenschaften führt nun zur Auffächerung des funktionellen Zusammenhangs zwischen N-K-R und der Lichtausbeute. So entsteht beispielsweise für $a = 0{,}08$ M/kWh der im Bild 2 dargestellte Sektor in den alle hypothetischen Lichtquellen einzuordnen sind.
Gemäß den in [2] angeführten internationalen Festlegungen (CIE) sind zur vereinfachten Handhabung in der Praxis vier Farbgütestufen eingeführt worden, denen Mindestwerte des Farbwiedergabeindex der zur Anwendung erforderlichen Lichtquellen zugeordnet sind [3]. In [2], Tafel 1 sind diesen Farbstufen die Bewertungsfaktoren v zur entsprechenden Bewertung der Farbwiedergabe für die Sehaufgabe zugeordnet. Der die Farbwiedergabeeigenschaften berücksichtigende Effektivitätsfaktor in der N-K-R (4)

$$e = \frac{100 + v\,(R_a - 100)}{100}$$

und der Bewertungsfaktor v sind so bestimmt, daß in keiner Farbstufe für zulässige R_a-Werte die Effektivität unter 0,85 sinkt. Wird die Effektivität e kleiner als 0,85, unterschreitet der R_a-Wert der benutzten Lichtquelle den der Einsatzstufe zugeordneten $R_{a\,\min}$-Wert, und die Lichtquelle sollte in dieser Farbstufe nicht eingesetzt werden.
Die obere Grenze der Sektoren der N-K-R wird damit für alle vier Farbstufen durch $R_a = 100$ unabhängig vom Bewertungsfaktor v bestimmt, die untere Grenze jeweils durch $R_a = R_{a\,\min}$ infolge Unterschreitens der Effektivitätsgrenze 0,85 in den vier Farbstufen. Daraus folgt, daß die N-K-R einer Lichtquelle innerhalb des Sektors für verschiedene Farbstufen unterschiedliche Werte annehmen kann (Mehrfachbelegung des Sektors).
Die N-K-R für hypothetische Glühlampen ($R_a = 100$) sind damit in allen vier Farbstufen auf der oberen Grenze des Sektors aufgereiht. Auch liegt die Grenz-N-K-R für indeal weißes Licht — wie schon ausgeführt — auf der oberen Grenze mit 2,75 Mlmh/M. Alle Lichtquellen mit $100 > R_a > R_{a\,\min}$ liegen jeweils entsprechend der betrachteten Farbstufe innerhalb des Sektors. Lichtquellen mit $R_a = R_{a\,\min}$ sind auf der unteren Grenze des Sektors aufgereiht. Auch die Grenz-N-K-R für die gelbe Na-Linie bei 589 nm liegt, wegen $R_a = 0$ auf der unteren Grenze bei 3,32 Mlmh/M und ist nur für die Farbstufe IV anzusetzen (die Angaben beziehen sich wieder auf $a = 0{,}08$ M/kWh).
Stellt man sich eine hypothetische Lichtquelle mit einem $R_a = 80$ und ohne Beschränkung der Allgemeinheit mit 80 lm/W vor, dann ergeben sich die im Bild 2 eingetragenen N-K-R für die Bewertungsfaktoren $v = 0;\ 0{,}15;\ 0{,}25;\ 0{,}5;\ 1{,}0$.
In der Farbstufe I ($v = 1$) ist $R_a < R_{a\,\min} = 85$ und damit die angenommene Lichtquelle nicht mehr einsatzfähig.
Zur N-K-R einer hypothetischen Lichtquelle ist also festzustellen:

- die N-K-R steigt linear mit der Lichtausbeute η
- dabei liegt sie in einem Sektor mit einer Steigerung
  - der oberen Grenze von $\frac{10^{-3}}{a}$
  - der unteren Grenze von $\frac{10^{-3}}{a}\,0{,}85$

Dr.-Ing. *Peter Nerlinger* ist Beauftragter für Zuverlässigkeit der Erzeugnisse im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

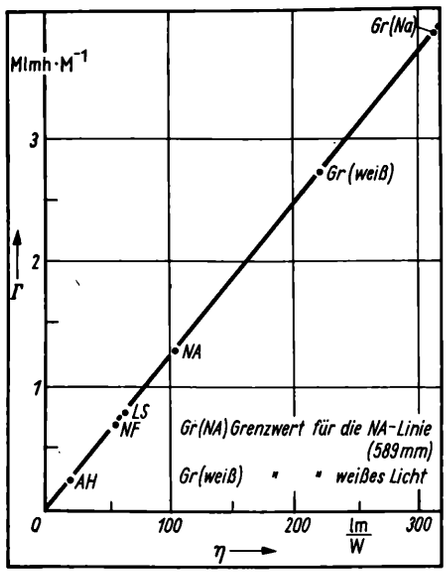


Bild 1. Die Nutzen-Kosten-Rate gegenwärtiger hypothetischer Lichtquellen (a = 0,08 M/kWh; v = 0)
AH Allgebrauchslampen
LS Leuchtstofflampen
NF Hochdrucklampen
NA Natriumdampf-Hochdrucklampen

Bild 2. Die Nutzen-Kosten-Rate hypothetischer Lichtquellen unter Berücksichtigung der Farbwiedergabe (a = 0,08 M/kWh)

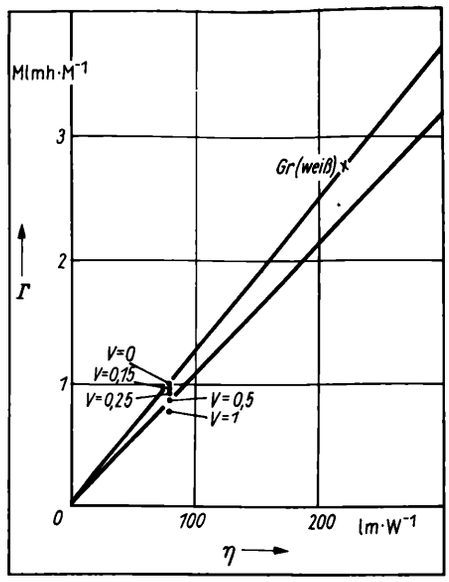


Bild 3. Die Nutzen-Kosten-Rate von Glühlampen in Abhängigkeit von ihrer Lichtausbeute für a = 0,08 bzw. = 0,20 M/kWh
(Die gestrichelten Geraden grenzen effektiven, mäßig effektiven und uneffektiven Wertbereich voneinander ab.)

— mit wachsendem R_a nimmt die N-K-R zu
— die N-K-R sinkt für R_a-Werte kleiner 100 je höher die Anforderungen an die Farbwiedergabe werden
— für den Effektivitätsfaktor der Farbwiedergabe gilt:

$$1 \geqq e = \frac{100 + v\,(R_a - 100)}{100} \geqq 0{,}85\,,$$

widrigenfalls darf die Lichtquelle nicht zum Einsatz kommen.

4. Der Übergangswirkungsgrad von der hypothetischen zur realen Lichtquelle

Der Übergang von der hypothetischen Lichtquelle auf die reale Lichtquelle erfolgt gemäß den Gln. (5) und (6), dabei stellt α den Wirkungsgrad dar, mit dem dieser Übergang erfolgt:

$$1 \geqq \alpha = \frac{\Gamma_{P,t}}{\Gamma_{0,00}} > 0\,.$$

Zur Einschätzung der Güte dieses Übergangs wird angesetzt:

$0 < \alpha < 0{,}8$	uneffektiver Wertebereich
$0{,}8 \leqq \alpha < 0{,}9$	mäßig effektiver Wertebereich
$0{,}9 \leqq \alpha \leqq 1$	effektiver Wertebereich.

In den Bildern 3 und 4 sind die N-K-R der hypothetischen Reihe der Allgebrauchsglühlampen bzw. NA-Lampen auf den ausgezogenen Geraden aufgereiht und die Übergänge zu den realen Glühlampen durch senkrechte Verbindungslinien dargestellt worden. Man erkennt, daß der „Übergangswirkungsgrad" mit zunehmender Leistungsaufnahme der Lichtquellen steigt. Bei a = 0,08 M/kWh befindet sich α und damit die „reale" N-K-R für die 40 W Glühlampe im unbefriedigenden Wertebereich. Die 60- bis 100-W-Lampen liegen im mäßigen effektiven Wertebereich. Mit Zunahme der spez. Energiekosten steigt der Übergangswirkungsgrad an.

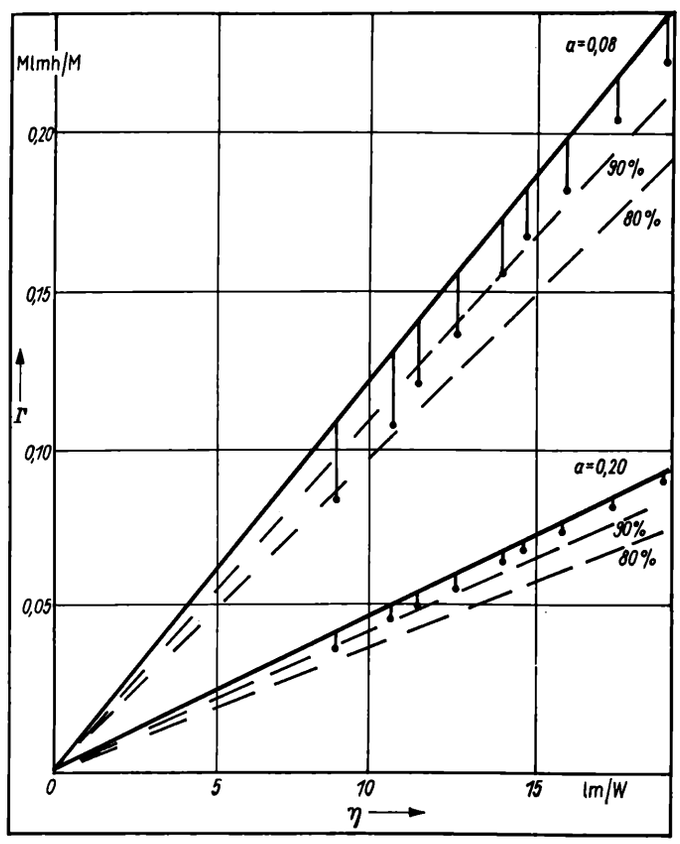
Der Einfluß der in den Lichtquellen vergegenständlichten Arbeit auf die N-K-R geht mit zunehmenden Energiekosten und erhöhter Leistungsaufnahme zurück und wird schließlich vernachlässigbar.

Andererseits ergibt sich, daß bei einer Erhöhung der Lichtausbeute einer Lichtquelle beispielsweise um den Faktor 2 durchaus eine mehrfache Erhöhung des Preises bei steigender N-K-R möglich ist. Besonders durchsichtig werden die Verhältnisse, wenn man die Beziehung (6) in der Form

$$\alpha = \frac{1}{\frac{1}{a}\frac{1}{A_{sp}} + 1}$$

mit $A_{sp}\ \mathrm{kWh/M} = \frac{tN}{P}$

ansetzt (N in kW, t in h).
Der Übergangswirkungsgrad wird dann eine Funktion des spezifischen Arbeitspotentials oder des durch den Nutzer erworbenen durchschnittlichen potentiellen Arbeitsvermögens je Mark.
Im Bild 5 ist der Übergangswirkungsgrad in Abhängigkeit vom spezifischen Arbeitspotential A_{sp} der Lichtquellen für unterschiedliche spez. Energiekosten dargestellt. Auch hier können alle Lichtquellen für Allgemeinbeleuchtung jeweils auf einer energiekostenspezifischen Kurve aufgereiht werden.



Zusammengefaßt ergibt sich:
— Das spezifische Arbeitspotential erhöht sich mit zunehmender Lampenleistung innerhalb einer Typenreihe, da der Lampenpreis (BP) langsamer ansteigt als das Arbeitspotential tN.
— Der Übergangswirkungsgrad von Lichtquellen kann nur dadurch — bei konstanten Energiekosten — verbessert werden, daß das spezifische Arbeitspotential erhöht wird. Bleibt dabei die Leistungsaufnahme erhalten, ist die mittlere Lebensdauer zu erhöhen oder der Preis (BP) durch technisch-technologische und Rationalisierungsmaßnahmen zu senken.
— Der Übergangswirkungsgrad erhöht sich zwangsläufig durch Erhöhung der spezifischen Energiekosten a.
— Für Lichtquellen mit Übergangswirkungsgraden $1 > \alpha > 0{,}9$ werden Maßnahmen zur Erhöhung von α in der Regel zu hohe Kosten verursachten (im Verhältnis zur Verbesserung der N-K-R).

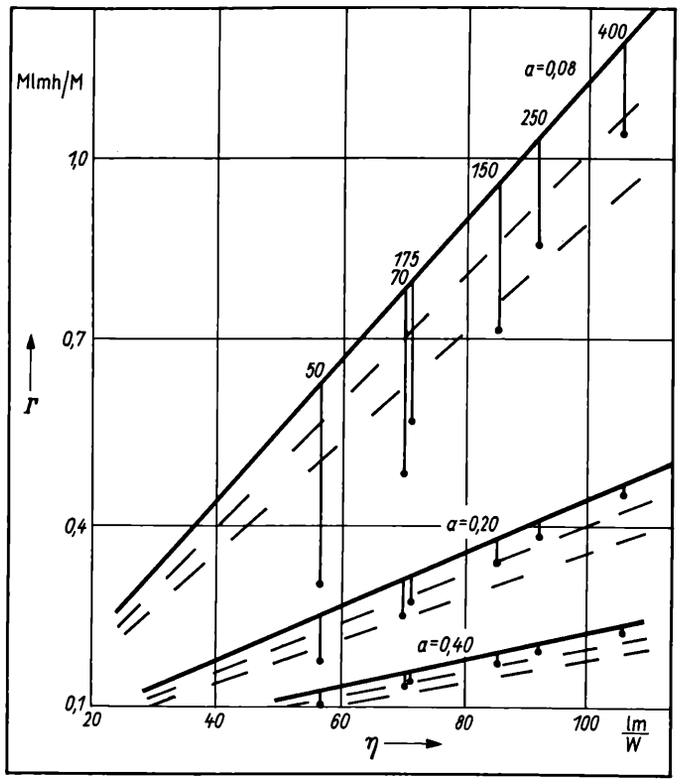


Bild 4. Die Nutzen-Kosten-Rate von Natriumdampf-Hochdrucklampen für a = 0,08; 0,20; 0,40 M/kWh

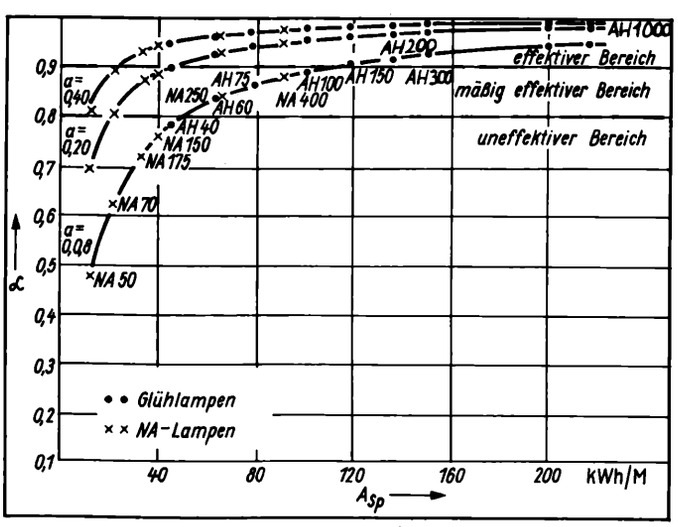
— Spezifische Arbeitspotentiale von $A_{sp} \geqq \frac{9}{a}$ führen zu Übergangswirkungsgraden im effektiven Wertebereich.

— Spezifische Arbeitspotentiale von $\frac{9}{a} > A_{sp} > \frac{4}{a}$ führen zu Übergangswirkungsgraden im mäßig effektiven Wertebereich.

5. Konsequenzen aus dem Einfluß verschiedener Parameter auf die Höhe der Nutzen-Kosten-Rate aus gemeinsamer Sicht der N-K-R der hypothetischen Lichtquelle und des Übergangswirkungsgrades

1. Die Nutzen-Kosten-Rate einer jeden Lichtquelle für Allgemeinbeleuchtung hängt ab von der Lichtausbeute η und dem Farbwiedergabeindex sowie dem spezifischen Arbeitspotential A_{sp} eben dieser Lichtquelle. Von außen eingegebene Parameter sind die spezifischen Energiekosten a und die Bewertung v der Anforderungen an die Farbwiedergabe (Farbstufen).

Bild 5. Der „Übergangswirkungsgrad" α in Abhängigkeit vom spez. Arbeitspotential A_{sp} für a = 0,08/0,20/0,40 M/kWh



2. Das spezifische Arbeitspotential ist bestimmt durch die mittlere Lebensdauer bzw. die Nennlebensdauer, die Leistungsaufnahme und den Preis der Lichtquelle.

3. Fast alle gegenwärtigen Lichtquellen für Allgemeinbeleuchtung mit höheren Lichtausbeuten und damit auch entsprechend hohen Nutzen-Kosten-Raten weisen Farbwiedergabeindizes aus, die ihren Einsatz in der Farbstufe I (V = 1), meist auch Farbstufe II (V = 0,5) ausschließen.

4. Eine Erhöhung des Farbwiedergabeindex erweitert den Einsatz der Lichtquelle auf Farbstufen höherer Anforderungen in der Farbwiedergabe.

5. Lichtquellenreihen (Typenreihen), beruhend auf gemeinsamen physikalischen Wirkprinzipien, weisen mit zunehmender Leistungsaufnahme eine Zunahme der Lichtausbeute und damit der Nutzen-Kosten-Rate aus (siehe Bilder 3 und 4), da infolge konzentrierteren Energieumsatzes die Verlustprozesse sich reduzieren. Dieser Trend wird erst rückläufig, wenn bei weiterer Leistungskonzentration Materialprobleme auftreten oder Anschlußbedingungen zu Kompromissen zwingen.

Da mit zunehmender Lampenleistung — wie bereits aufgezeigt — auch das spezifische potentielle Arbeitsvermögen und damit der Übergangswirkungsgrad ansteigt, wird der Effekt der Zunahme der Nutzen-Kosten-Rate noch verstärkt.

6. Die Auswirkungen einer Zunahme der spezifischen Energiekosten — beispielsweise um den Faktor 2 — können in der Regel in keiner Weise durch eine Anhebung des Übergangswirkungsgrades, d.h. Erhöhung des spezifischen Arbeitspotentials der Lichtquellen, ausgeglichen werden. Nur eine Anhebung der Lichtausbeute kann hier eine merkliche Kompensation einbringen.

7. Die Auswirkungen von Materialpreiserhöhungen auf die Nutzen-Kosten-Rate infolge erhöhter Lampenpreise sind — bei Lichtquellen, deren Übergangswirkungsgrad im Wertebereich von $\alpha \geqq 0{,}8$ bzw. $\alpha \geqq 0{,}9$ angesiedelt sind — relativ gering und werden nur in seltenen Fällen den Einsatz größerer finanzieller Mittel für Forschung und Investitionen zum Abfang dieser Kostenerhöhungen rechtfertigen.

6. Entwicklung energiesparender Lichtquellen mit erhöhter Nutzen-Kosten-Rate

Das entscheidende Mittel zur Erhöhung der Nutzen-Kosten-Rate von Lichtquellen ist die weitere Steigerung des Wirkungsgrades ihrer Energiewandlung, d.h. ihrer Lichtausbeute. Damit wird gleichzeitig ein entscheidender Beitrag für energiesparende Beleuchtung eingebracht [4] [5] [6] durch:

— Auffinden von Möglichkeiten und Ausarbeitung industriell anwendbarer Verfahren zur Verbesserung und Weiterentwicklung der Lichtquellen auf der Basis der bereits bekannten und in Anwendung befindlichen Wirkprinzipien der Lichterzeugung

— Nutzung neuer Wirkprinzipien zur Lichterzeugung; wahrscheinlicher jedoch die Kombination neuer mit schon in der Anwendung befindlichen Wirkprinzipien.

In den Farbstufen IV und III mit niedrigen Anforderungen an die Farbwiedergabe stehen bereits Lichtquellen mit Lichtausbeuten von 80 bis 120 lm/W zur Verfügung. Hier wird es darauf ankommen, noch mögliche Verbesserungen zu erlangen, wenn dabei die Nutzen-Kosten-Rate geringfügig gesteigert werden kann. Im praktischen Einsatz solcher Lichtquellen in der Verkehrs- und Industriebeleuchtung sollte immer auf den Einsatz möglichst hoher Leistungseinheiten — wegen ihrer höheren Lichtausbeute und entsprechend hoher Nutzen-Kosten-Rate orientiert werden. Leuchtenhöhen, Mastabstände und Lichtverteilung auf der zu beleuchtenden Fläche sind entsprechend abzustimmen.

Da gegenwärtig in den Farbstufen II und I mit hohen und höchsten Ansprüchen an die Farbwiedergabe fast nur Lichtquellen niederer Lichtausbeute und entsprechender Nutzen-Kosten-Rate zur Verfügung stehen, wird zukünftig die Erhöhung des Farbwiedergabeindex von Lichtquellen höherer Lichtausbeute ein weiterer Schwerpunkt sein. Es sollten aber auch Bemühungen einsetzen, bei Lichtquellen ausreichender Farbwiedergabe und Lichtausbeute das noch unzureichende spezifische Arbeitspotential soweit zu erweitern, daß befriedigende Nutzen-Kosten-Raten erlangt werden (z.B.: Halogen-Metalldampflampen) können.

Große Schwierigkeiten bereitet die Ablösung derartiger Lichtquellen mit sehr guten Farbwiedergabeeigenschaften, jedoch niedrigen Lichtausbeuten bei geringer Leistungskonzentration. Es handelt sich um die Ablösung der Allgebrauchsglühlampen im Leistungs-

bereich von 25 bis 100 W für den Wohn- und Sozialbereich. Hier stoßen vier Problemkreise aufeinander:

1. Die Forderung nach Farbwiedergabeindizes oberhalb $R_a = 70$ bzw. 85.
2. Die sinkende Lichtausbeute einer jeden Lichtquellenreihe mit Verringerung der Leistungsaufnahme.
3. Der sinkende Übergangswirkungsgrad α einer jeden Lichtquellenreihe mit Verringerung des spezifischen Arbeitspotentials infolge der erforderlichen niedrigen Leistungsaufnahme (< 100 W) und der relativ hohen Lampenpreise. Selbst die alte Allgebrauchslampe liegt — trotz ausgereifter Technik — bei spezifischen Energiekosten von 8 Pfennigen je Kilowattstunde bezüglich des Übergangswirkungsgrades bei Leistungsaufnahmen bis 100 W im uneffektiven bis mäßig effektiven Bereich.
4. Die Forderung auch für Entladungslampen kleiner und kleinster Leistungsaufnahme hohe mittlere Lebensdauern und kleinste Schaltabnutzung zu sichern.

Dies sind die objektiven Umstände, warum die Glühlampe im Wohn- und Sozialbereich weltweit so zögernd abgelöst wird.
Ein Ausdruck dieser Situation ist, daß gegenwärtig in aller Welt die verschiedensten Versuche zur Ablösung der Glühlampe angeboten werden, jedoch keine dieser Varianten den entscheidenden Durchbruch erzielen konnte. Es kann deshalb angenommen werden, daß alle diese Varianten sowohl auf der Basis der bekannten Kleinleuchtstofflampen als auch anderer Lichtquellentypen den gegenwärtig möglichen Kompromiß darstellen.
Sollte sich in den nächsten Jahren keine durchschlagende, industriell anwendbare Lösung finden lassen — andererseits aber die Energiekosten beträchtlich steigen —, werden diese Behelfslösungen für einen längeren Zeitraum Bedeutung erlangen. Weltweit wird jedoch an den Voraussetzungen für die optimale Lösung gearbeitet.
Die Forderung kann in allen Fällen nur lauten: Die Nutzen-Kosten-Rate des neuen Erzeugnisses darf diejenige des bisher für den Einsatzzweck verwendeten Erzeugnisses nicht unterschreiten. Nur wenn die N-K-R sich bedeutend erhöht, kann jedoch von einem entscheidenden Fortschritt gesprochen werden.
Abschließend ist festzustellen, daß die hier vorgestellte Methode der Ermittlung einer N-K-R in Abhängigkeit von ihren bestimmenden Parametern zwar für Lichtquellen erarbeitet wurde, jedoch prinzipiell für alle Erzeugnisse gilt — insbesondere aber geeignet ist zur Anwendung auf Erzeugnisse, die der Energiewandlung dienen, da sie auch die Betriebskosten des Energiewandlers erfaßt und es gestattet, bei reparierfähigen Erzeugnissen die durchschnittlichen Reparatur- und Wartungskosten zu berücksichtigen. Die Beziehungen werden in diesem Fall entsprechend aufgebaut sein. Die Nutzen-Kosten-Rate eines hypothetischen Energiewandlers wird den Wirkungsgrad des Wandlungsprozesses und einen von bestimmten Parametern (z. B. die auftretenden Temperaturdifferenzen bei Wärmeerzeugern) abhängigen Effektivitätskoeffizienten enthalten sowie durch die Energiekosten bestimmt sein. Der Übergangswirkungsgrad wird ebenfalls durch das spezifische Arbeitspotential sowie die spezifischen Energiekosten bestimmt sein. Es sei noch darauf hingewiesen, daß auch das Zuverlässigkeitsverhalten eines Erzeugnisses in der N-K-R berücksichtigt werden kann [7].

Literatur

[1] *Nerlinger, P.:* Die Nutzen-Kosten-Rate von Erzeugnissen und ihre Anwendung auf Lichtquellen. Dissertation A. Technische Hochschule Ilmenau (1982)
[2] *Nerlinger, P.:* Methode zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus von Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung. ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 445 – 446
[3] Publikation Nr. 13.2 der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE): Verfahren zur Messung und Kennzeichnung der Farbwiedergabeeigenschaften von Lichtquellen, Ausgabe 1975
[4] *Wolff, I.; Moritz, I.; Amende, R.; Conradt, K.-H.; Sievers, H.:* Erhöhung des energiewirtschaftlichen Wirkungsgrades in der Lichttechnik. Der Elektro-Praktiker, Berlin 35 (1981) 12, S. 421 – 423
[5] *Liewald, H.; Moritz, I.; Wolff, I.:* Die Anwendung der Entladungsphysik zur Realisierung der Aufgaben der Beleuchtungstechnik in den 80er Jahren. Elektric, Berlin 35 (1981) 12, S. 646 – 651
[6] *Wolff, I.; Conradt, K.-H.:* Elektroenergieeinsparung durch Erhöhung des Wirkungsgrades der Lichterzeugung. Soz. Rationalisierung, Dresden 11 (1982) 3, S. 63 – 66
[7] *Nerlinger, P.:* Zuverlässigkeit und wirtschaftliche Nutzungszeit von Lichtquellen. ELEKTRIE, Berlin 37 (1983) 11, S. 565 – 568

EA 5509

Leistungskennwerte von Leuchtstofflampen bei höherer Betriebsfrequenz und unterschiedlichen Leuchtstoffarten

E.-K. Hoger, KDT; J. Trotz; Berlin

1. Problematik

Zur Energieeinsparung wird gegenwärtig hauptsächlich die stabförmige Standardleuchtstofflampe optimiert (26 mm Durchmesser, Edelgasgemisch mit Krypton, Dreibanden- und Halophosphatleuchtstoff). Gleichzeitig hat die Entwicklung der kompakten Leuchtstofflampe begonnen. Erste technische Lösungen wurden vorgestellt (kompakte Leuchtstofflampen mit Zweistiftsockel und integriertem Zündgerät, Varianten kompakter Leuchtstofflampen mit Schraubsockel und integriertem Vorschaltgerät).
Durch die Anwendung des Dreibandleuchtstoffes konnte die Lichtausbeute beträchtlich gesteigert werden. Die Emissionsbanden der Komponenten des Dreibandenleuchtstoffs liegen für Blau bei etwa 455 nm, für Grün bei etwa 545 nm und für Rot bei etwa 610 nm. Die Maxima der 3 Strahlungsanteile fallen in etwa mit den Empfindlichkeitskurven zusammen, die für das Farbsehen gelten. Dadurch wird eine sehr gute Farbwiedergabe bei gleichzeitig hoher Lichtausbeute möglich. Ein weiterer Vorteil dieser Leuchtstoffe ist die Tatsache, daß sie stabil gegenüber der kurzwelligen UV-Strahlung (185 nm) der Quecksilberentladung sind. So konnte der Durchmesser der Leuchtstofflampen von 38 mm auf 26 mm reduziert werden, ohne Lichtstromabfall und Lebensdauer negativ zu beeinflussen, denn bei Verringerung des Durchmessers erhöht sich bekanntlich der Strahlungsanteil der kurzwelligen UV-Linie.
Ein wesentlicher Vorteil, den die Durchmesserverringerung mit sich brachte, ist die Leistungsreduzierung durch Verringerung des Lampen-Leistungsfaktors von 0,9 auf etwa 0,8.
Um weitere Energie einzusparen, besteht der internationale Trend heute darin, Leuchtstofflampen mit höheren Frequenzen zu betreiben. Dazu dienen elektronische Vorschaltgeräte, die durch die erhöhte Frequenz die Lichtausbeute der Leuchtstofflampe steigern und geringere Eigenverluste als die Standard-Drossel-Starter-Varianten haben.

2. Betrieb von Leuchtstofflampen mit erhöhter Frequenz

Die Lichtausbeute von Leuchtstofflampen steigt nach [1] um etwa 12% bei Betrieb mit tonfrequenter Versorgungsspannung. *Campbell* untersucht in [2] die Lichtausbeute des 40-W-Leuchtstofflampensystems (eingeschlossen Lichttransformation im Leuchtstoff) in Abhängigkeit von Frequenz, Gasdruck, Gasart und Rohrdurchmesser. Im Frequenzbereich 60 Hz bis 20 kHz beträgt nach seinen Angaben der Lichtstromgewinn für eine mit Argon bei 400 Pa gefüllte 40-W-Lampe etwa 14%. Im untersuchten Frequenzbereich wurde die Lampenleistung konstant gehalten. Bezugspunkt war die gleiche 40-W-Lampe bei Netzbetrieb. Auch bei höheren Frequenzen wirkte sich eine Argon-Druckabsenkung positiv auf die Lichtausbeute aus. Bei der Untersuchung des Frequenzbereichs 50 Hz bis 20 kHz wurde ermittelt, daß der Gesamtwirkungsgrad der UV-Strahlung gegenüber dem 50-Hz-Betrieb um 10 bis 15% (bei 400 Pa Grundgasdruck, gemessen an 38-mm-Leuchtstofflampen) ansteigt [3]. Die Elektrodenverluste sinken infolge einer Reduzierung des Anodenfalles auf etwa 50%. Von *Hofmann* [4] sind 1980 Ergebnisse von Untersuchungen zum Betrieb der 26-mm-Leuchtstofflampen an elektronischen Vorschaltgeräten mit erhöhter Frequenz (> 50 Hz) veröffentlicht worden. Es wurden Versorgungsspannungen mit einer Frequenz von etwa 25 kHz angewandt, da mit einer weiteren Erhöhung der Frequenz keine nennenswerten Vorteile mehr erzielt werden konnten. Außerdem liegt diese Fre-

Dipl.-Phys. *Eva-Katrin Hoger* und Dipl.-Ing. *Joachim Trotz* sind Mitarbeiter im Forschungszentrum für Lichttechnik des Berliner Glühlampenwerkes im Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

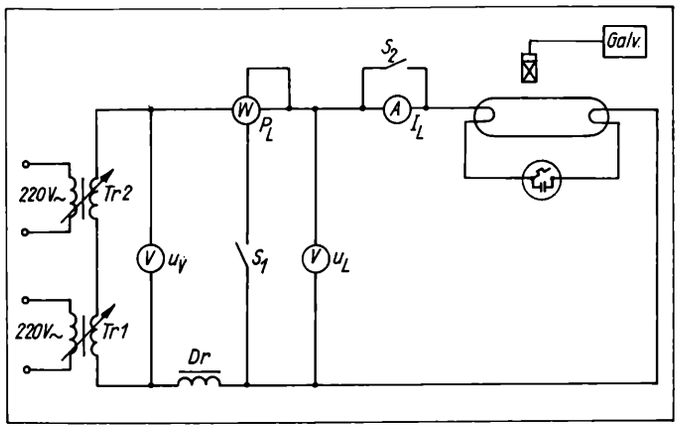


Bild 1. Meßanordnung für den 50-Hz-Betrieb

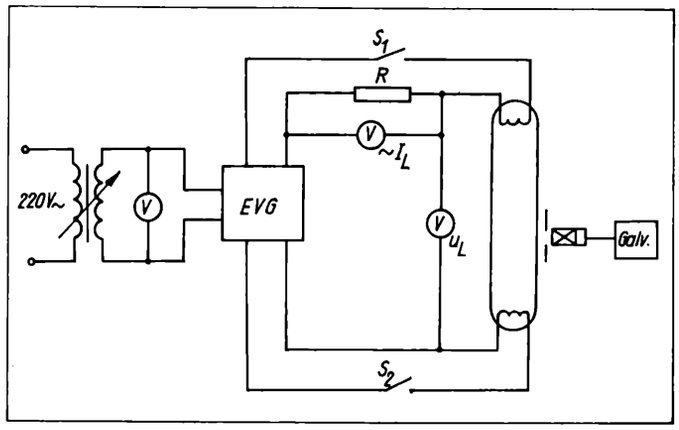
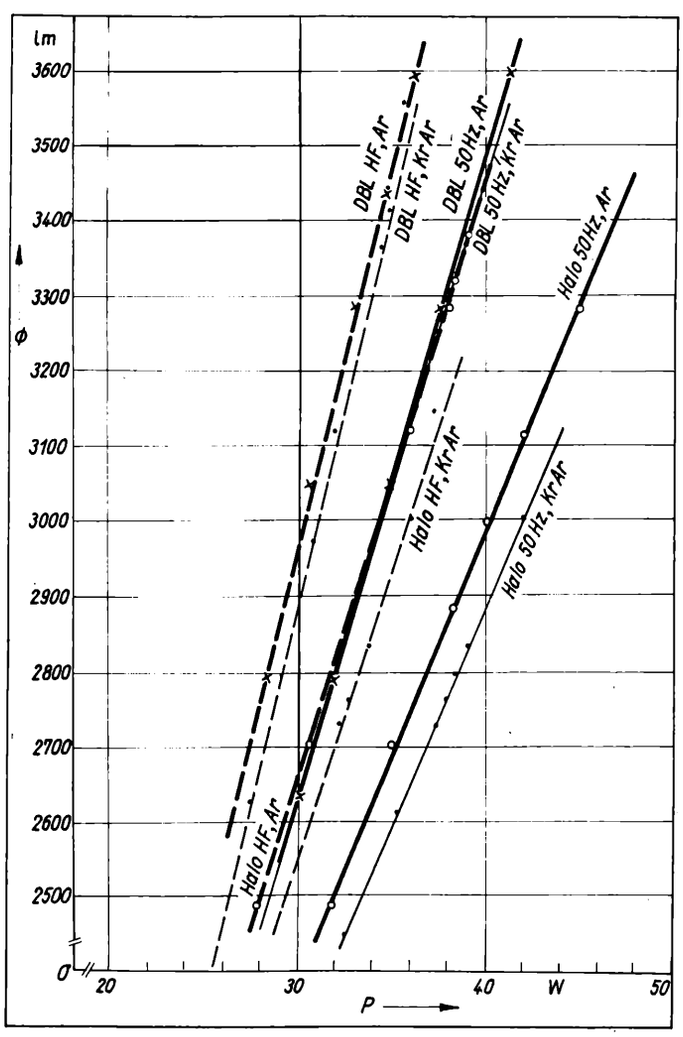


Bild 2. Meßanordnung für den HF-Betrieb

Tafel 1. Datenvergleich: L 58 W (50 Hz)/L 50 W (25 kHz)

Parameter	Betriebsart			
	50 Hz	25 kHz	Änderung	
Lampenstrom	0,67 A	0,45 A	− 0,22 A	(− 33 %)
Lampenspannung	110 V	113 V		
Lampenleistung	58 W	50 W	− 8 W	(− 14 %)
Lichtstrom (Farbe 21)	5400 lm	5200 lm	− 200 lm	(− 4 %)
Lichtausbeute der Lampe	93 lm/W	104 lm/W	+ 11 lm/W	(+ 12 %)
Vorschaltgeräte-Verlustleistung	11 W	5,5 W	− 5,5 W	(− 50 %)
Gesamtleistung	69 W	55,5 W	− 13,5 W	(− 20 %)
Systemlichtausbeute	78,3 lm/W	93,7 lm/W	+ 15,4 lm/W	(+ 20 %)

Bild 3. Lichtstrom in Abhängigkeit von der Lampenleistung
Φ Lichtstrom; *DBL* Dreibandenleuchtstoff; *HF* Hochfrequenz; *Ar* Argon; *Halo* Halophosphatleuchtstoff; *Kr Ar* Krypton – Argon



quenz oberhalb der Hörbarkeitsschwelle. Tafel 1 zeigt die erreichbaren Kennwerte bei 25 kHz im Vergleich zum herkömmlichen 50-Hz-Betrieb.

Zusammenfassend wurde festgestellt, daß zur Verbesserung der Lichtausbeute durch Verwendung der 26-mm-Leuchtstofflampe mit Dreibandenleuchtstoff sowie durch elektronische Vorschaltgeräte mit niedriger Verlustleistung und Betrieb bei höheren Frequenzen ein optimales System Lampe/Vorschaltgerät technisch realisierbar ist.

3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1. Versuchslampen

Die Untersuchungen wurden an stabförmigen Leuchtstofflampen mit folgenden technischen Daten durchgeführt:

Länge: 1,20 m; Durchmesser: 26 mm; Füllgas: Argon bzw. Krypton-Argon-Gemische; Leuchtstoff:

1. Dreibandenleuchtstoff, 4000 K

Rotkomponente: Yttriumoxid aktiviert mit dreiwertigem Europium

RK: $Y_2O_3:Eu^{3+}$

Grünkomponente: Cer-Terbium-Magnesiumaluminat

GK: $Ce\ Mg\ Al_{11}\ O_{19}:Tb^{3+}$

Blaukomponente: Barium-Magnesiumaluminat aktiviert mit zweiwertigem Europium

BK: $Ba\ Mg\ Al_{10}O_{17}:Eu^{2+}$

2. Halophosphatleuchtstoff, 4300 K

Ca-Halophosphat: Sb, Mn

An den Lampen wurden relative Lichtstrommessungen bei 50 Hz und mit einem elektronischen Vorschaltgerät bei höheren Frequenzen durchgeführt. Vor jeder Messung wurden die Lampen 15 Minuten eingebrannt.

3.2. Elektrischer Meßaufbau

Für die 50-Hz-Messung wurde der übliche Meßaufbau zur Erfassung von Lampenstrom (mit Dreheiseninstrument), Lampenspannung (mit elektrostatischem Meßwerk) und Wirkleistung (mit elektrodynamischem Leistungsmesser EL 21) aufgebaut (Bild 1). Zur Strombegrenzung diente ein 40-W-Referenzvorschaltgerät. Die Betriebsspannung konnte mit den Regeltransformatoren *Tr* 1 und *Tr* 2 eingestellt und durch ein Spannungsmeßgerät kontrolliert werden.

Bei der Erfassung der Leistung wurde die Lichteinstellmethode benutzt, d. h., durch Nachstellen der Betriebsspannung wird dafür gesorgt, daß die Leuchtstofflampe bei zugeschaltetem Leistungsmesser ebensoviel Licht abgibt, wie ohne Zuschaltung. Der Eigenverbrauch im Spannungspfad des Leistungsmessers wird in der angegebenen Schaltung mitgemessen und muß zur Berichtigung von der abgelesenen Leistung subtrahiert werden.

Der Lichtstrom sowohl für den 50-Hz-Betrieb als auch für den HF-Betrieb wurde in einer Meßtrommel mittels Si-Fotoelement mit nachgeschaltetem Galvanometer erfaßt. Durch Veränderung der Betriebsspannung wurden die vorliegenden Meßwerte bei 50 Hz erhalten.

Der HF-Betrieb (etwa 35 kHz) wurde mit einem elektronischen Vorschaltgerät (EVG) realisiert (Bild 2). Dieses EVG ermöglicht die Einstellung des Entladungsstromes in verschiedenen Bereichen

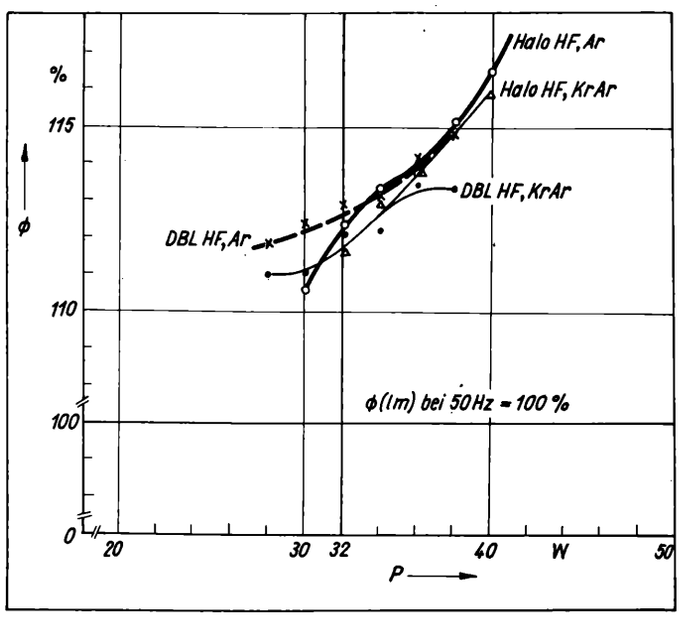


Bild 4. Prozentuale Lichtstromerhöhung bei HF-Betrieb gegenüber 50-Hz-Betrieb

Tafel 2. Datenvergleich: Versuchslampe mit Argonfüllung und Dreibandenleuchtstoff 50 Hz/HF

Parameter	Betriebsart		Änderung
	50 Hz	HF	
Lampenstrom	0,408 A	0,258 A	− 37 %
Lampenspannung	121 V	125 V	
Lampenleistung	41 W	32 W	− 22 %
Lichtstrom	3580 lm	3160 lm	− 12 %
Lichtausbeute	87 lm/W	99 lm/W	+ 14 %

Tafel 3. Datenvergleich: Versuchslampe mit Argonfüllung und Halophosphatleuchtstoff 50 Hz/HF

Parameter	Betriebsart		Änderung
	50 Hz	HF	
Lampenstrom	0,405 A	0,258 A	− 36 %
Lampenspannung	122 V	126 V	
Lampenleistung	42 W	32,5 W	− 23 %
Lichtstrom	3100 lm	2850 lm	− 8 %
Lichtausbeute	74 lm/W	88 lm/W	+ 19 %

bei einer Eingangsspannung von 220 V. Zur Messung der Lampenspannung wurde ein RMS-Digitalvoltmeter verwendet. Der Lampenstrom ist über einem induktionsarmen 1-Ω-Manganin-Widerstand mit einem Effektivwertmesser VM 70 gemessen worden.

4. Ergebnisse

Man erkennt sowohl für Dreibandenleuchtstoff als auch für Halophosphatleuchtstoff, daß bei Betrieb mit höheren Frequenzen der Lichtstrom zunimmt (Bild 3). Bei 50 Hz und auch bei HF-Betrieb steigt der Lichtstrom mit steigender Leistung. Gleiche Lichtstromwerte wie bei 50 Hz werden bei HF-Betrieb mit wesentlich geringeren Leistungen erreicht. Mit Halophosphat sind im HF-Betrieb ähnliche Lichtstromwerte wie mit Dreibandenleuchtstoff im 50-Hz-Betrieb erreichbar.

Im Bild 4 ist die prozentuale Erhöhung des Lichtstromes bei HF-Betrieb gegenüber 50-Hz-Betrieb (50-Hz-Betrieb = 100 %) dargestellt. Bei einer Leistung von 32 W für HF-Betrieb erzielt man sowohl mit Dreibandenleuchtstoff als auch mit Halophosphat eine Lichtstromsteigerung von etwa 12 % (Übereinstimmung mit [5] [6]).

Bild 5 zeigt den Lichtstrom in Abhängigkeit vom Lampenstrom. Es ist erkennbar, daß im HF-Betrieb bei wesentlich niedrigeren Stromwerten die gleichen Lichtstromwerte wie bei 50-Hz-Betrieb erreicht werden.

Die erwartete Erhöhung der Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Lampenleistung ist deutlich ersichtlich (Bild 6). Für Versuchslampen mit Halophosphat ergaben sich im HF-Betrieb ähnliche Lichtausbeutewerte wie mit Dreibandenleuchtstoff bei 50 Hz.

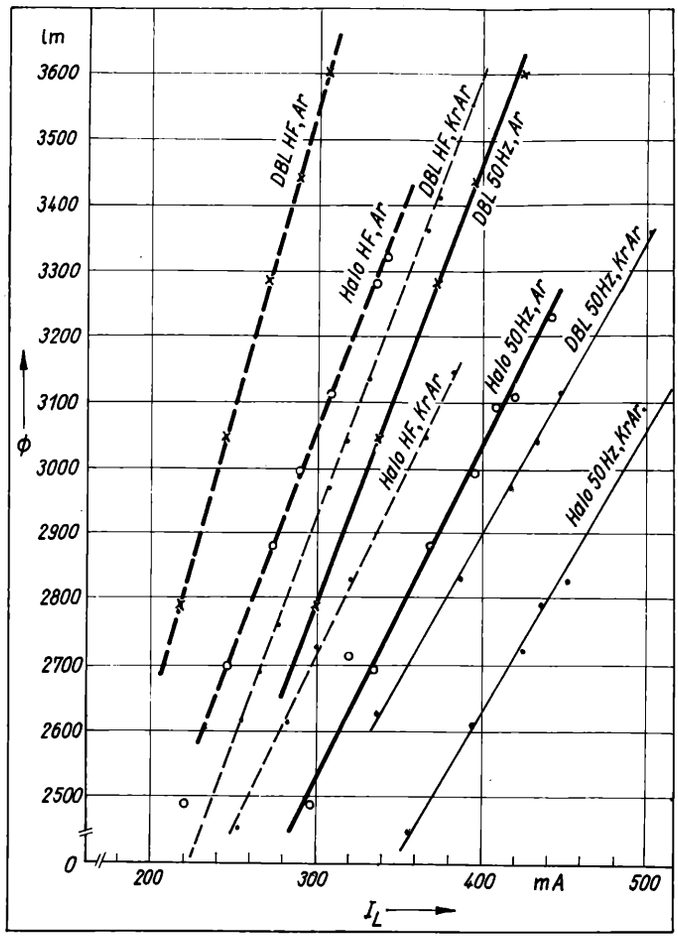


Bild 5. Lichtstrom in Abhängigkeit vom Lampenstrom

Tafel 4. Datenvergleich: Versuchslampe mit Kr-Ar-Füllung und Dreibandenleuchtstoff 50 Hz/HF

Parameter	Betriebsart		Änderung
	50 Hz	HF	
Lampenstrom	0,445 A	0,327 A	− 27 %
Lampenspannung	97 V	98 V	
Lampenleistung	36 W	32 W	− 11 %
Lichtstrom	3130 lm	3120 lm	
Lichtausbeute	87 lm/W	98 lm/W	+ 13 %

Bild 7 zeigt die prozentuale Steigerung der Ausbeute bei HF-Betrieb gegenüber dem 50-Hz-Betrieb. Bei 32 W beträgt die Lichtausbeutesteigerung für Dreibandenleuchtstofflampen mit Argonfüllung etwa 13 % und für Halophosphat-Versuchslampen etwa 12 %. In den Bildern 8 und 9 sind die Ergebnisse für Leuchtstofflampen mit Krypton-Argon-Füllung angegeben.

Dreibandenleuchtstoff und Halophosphat zeigen bei 32 W ebenfalls eine Steigerung von etwa 11 %.

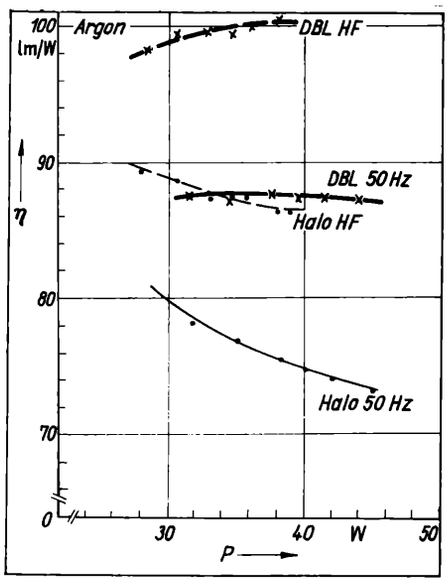
In den Tafeln 2, 3, 4 und 5 sind die Meßergebnisse jeweils im Vergleich von 50-Hz- und HF-Betrieb gegenübergestellt (Nullstundenmessungen).

5. Zusammenfassung

Durch den Betrieb von Leuchtstofflampen an höheren Frequenzen kann eine weitere Verringerung der Leistungsaufnahme erreicht werden. Statt 36 W (Kr-Ar-Leuchtstofflampen, 26 mm) sind 32 W

Tafel 5. Datenvergleich: Versuchslampe mit Kr-Ar-Füllung mit Halophosphatleuchtstoff 50 Hz/HF

Parameter	Betriebsart		Änderung
	50 Hz	HF	
Lampenstrom	0,434 A	0,300 A	− 31 %
Lampenspannung	107 V	107 V	
Lampenleistung	38 W	32 W	− 16 %
Lichtstrom	2800 lm	2730 lm	− 3 %
Lichtausbeute	74 lm/W	85 lm/W	+ 15 %



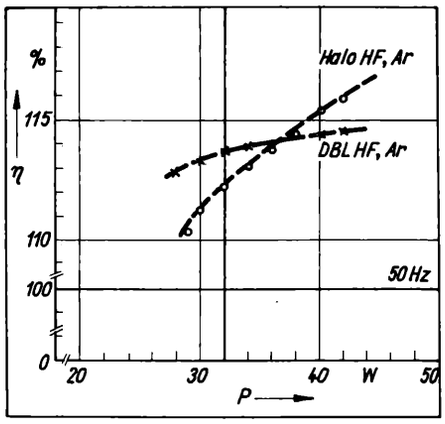


Bild 7. Prozentuale Lichtausbeuteerhöhung bei HF-Betrieb gegenüber 50-Hz-Betrieb für Argon

Bild 6. Lichtausbeute η in Abhängigkeit von der Lampenleistung P für Argon

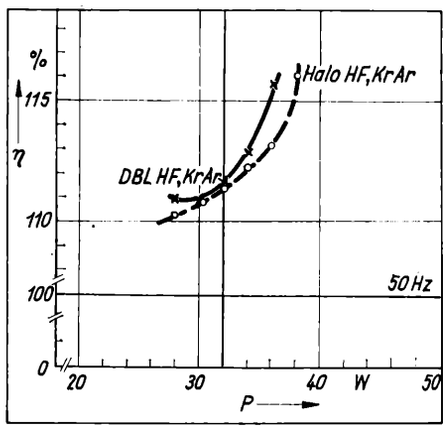


Bild 9. Prozentuale Lichtausbeuteerhöhung bei HF-Betrieb gegenüber 50-Hz-Betrieb für Krypton-Argon-Gemisch

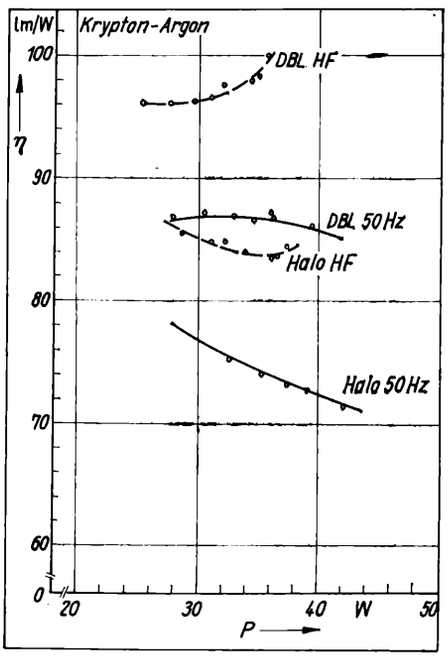


Bild 8. Lichtausbeute in Abhängigkeit von der Lampenleistung für Krypton-Argon-Gemisch

Lampenleistung für Leuchtstofflampen im HF-Betrieb möglich (Krypton-Argon oder Argon-Füllung).

Trotz Leistungsreduzierung um 11 % bleibt der entsprechende Lichtstrom, der bei 36 W und 50 Hz erreicht wird, annähernd erhalten. Eine Steigerung der Lichtausbeute um etwa 13 % konnte sowohl für Versuchslampen mit Dreibandenleuchtstoff als auch für solche mit Halophosphatleuchtstoff nachgewiesen werden. Man kann durch HF-Betrieb von Leuchtstofflampen mit Halophosphatbeschichtung ähnliche Lichtstrom- und Lichtausbeutewerte erhalten, wie sie mit Dreibandenbeschichtung im 50-Hz-Betrieb erreicht werden.

Zu beachten ist, daß es sich bei den Messungen um Nullstundenmessungen handelt. Um Aussagen über den Lichtstromabfall der Leuchtstofflampen während der Brenndauer treffen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Literatur

[1] *Rohloff, E.:* Das Verhalten von Leuchtstofflampen bei höheren Frequenzen. ETZ (B) 10 (1958) 1, S. 1 – 6

[2] *Campbell, J. H.:* New Parameters for High Frequency Lighting Systems Illum. Engng. 55 (1960) S. 247 – 254

[3] *Schaal, G.; Förster, D.:* Grundgasdruckabsenkung bei Tonfrequenzbetrieb. Forschungsbericht des ZIE der AdW der DDR, Institutsteil V „Rudolf Seeliger", Greifswald 1975

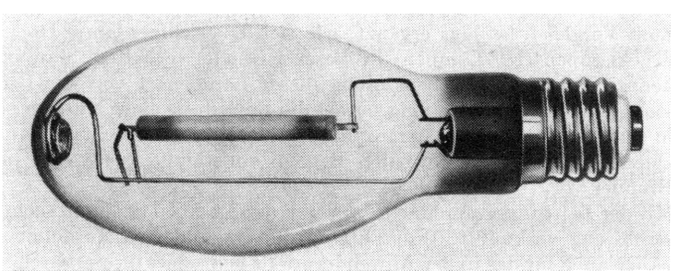
[4] *Hofmann, D.:* Entwicklungstendenzen bei Leuchtstofflampen mit 26 mm Durchmesser. Vortrag zur Lichttechnischen Tagung, Berlin (West) 1980

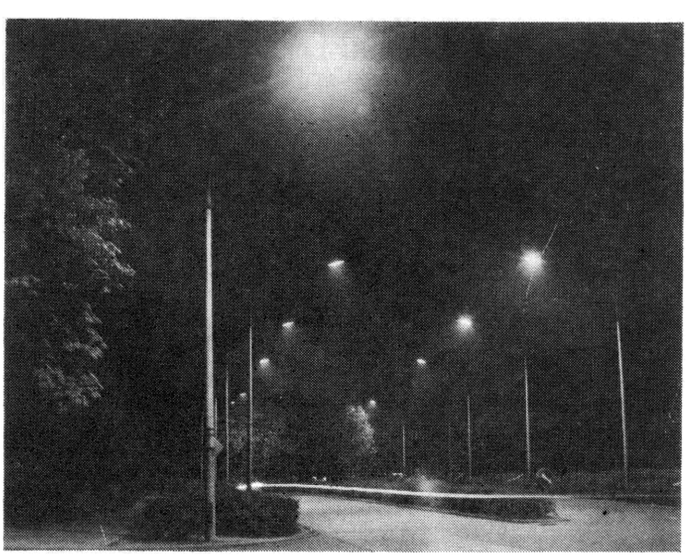
[5] High frequency. IEC Entwurf 34 A PRESCO (KS) 284, (040) (7) 55668 1983 – 04 – 08

[6] Data for High Frequency operation. IEC 081 – IEC – 1105 – 2

EA 5510

Vom Kombinat VEB NARVA „Rosa Luxemburg" produzierte NA-Lampen (Bild oben) werden vielseitig angewendet, wobei die Straßenbeleuchtung (Bild unten) eines der wichtigsten Einsatzgebiete darstellt.





Natriumdampf-Hochdrucklampen und einige ihrer Besonderheiten im praktischen Betrieb

U.-J. Amlong, KDT; H. Schöpe, KDT; Berlin

1. Vorbemerkung

In dem Bemühen um eine rationelle Verwendung von Elektroenergie in der Beleuchtungstechnik steht der Einsatz von Lichtquellen mit möglichst hohem Wirkungsgrad im Vordergrund. So begann vor rund 10 Jahren in der Außen- und Industriebeleuchtung international ein Prozeß, in dessen Verlauf die auf diesen Gebieten weitverbreiteten Quecksilberdampf-Hochdrucklampen schrittweise durch die inzwischen entwickelten, wesentlich effektiveren Natriumdampf-Hochdrucklampen ersetzt werden. Beide Lampenarten weisen in ihrem Betriebsverhalten jedoch einige wichtige Unterschiede auf, die beim Einsatz von Natriumdampf-Hochdrucklampen (NA-Lampen) bereits in der Projektierungsphase und natürlich im praktischen Betrieb beachtet werden müssen. Auf diese Besonderheiten wird näher eingegangen.

2. Zusammenhang zwischen Leistungsaufnahme und Lampenspannung

Die in NA-Lampen zur Lichterzeugung benutzte Entladung wird in einer sogenannten Sattdampfatmosphäre betrieben. Das bedeutet, daß das als Leuchtsubstanz verwendete Amalgam, bestehend aus den Komponenten Natrium und Quecksilber, während des Betriebes der Lampe nicht vollständig verdampft. Deshalb hängt der jeweils verdampfte Amalgamanteil, und damit der Dampfdruck im Entladungsgefäß, von der Leistungsaufnahme der Lampe ab [1]. Da der im Brenner herrschende Dampfdruck die Lampenspannung entscheidend mitbestimmt, ergibt sich ein für NA-Lampen typischer Zusammenhang zwischen Leistungsaufnahme und Lampenspannung, wie er im Bild 1 dargestellt ist.

Zum Vergleich ist hier ergänzt, wie sich Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (NF-Lampen) in dieser Hinsicht verhalten. Man erkennt, daß die Lampenspannung dieser Lampenart von der Leistung praktisch unabhängig ist, da die Entladung einer NF-Lampe in einer ungesättigten Atmosphäre arbeitet. Die Leuchtsubstanz Quecksilber liegt im normalen Betrieb vollständig verdampft im Brenner vor.

Mit der Leistungsaufnahme ist der von den Lampen erzeugte Lichtstrom eng verknüpft. Deshalb sind die geschilderten Zusammenhänge auch für das in der Anwenderpraxis besonders interessierende Lichtstromverhalten sehr wichtig.

3. Änderung der Lampenspannung mit der Lebensdauer

NA-Lampen weisen im Vergleich zu NF-Lampen einen weiteren Unterschied auf, der den Verlauf der Lampenspannung während der Lebensdauer betrifft. Bei NF-Lampen bleibt diese Spannung während der Lebensdauer praktisch konstant. Anders verhalten sich NA-Lampen. Ihre Lampenspannung nimmt im Laufe der Lebensdauer deutlich zu (Bild 2). Die Ursachen für diese Erscheinung werden in der Literatur beschrieben und sollen deshalb hier nicht näher erläutert werden [2] [3]. Erinnert man sich an den oben erklärten Zusammenhang zwischen der Lampenspannung und Leistungsaufnahme, so bedeutet eine sich während der Lebensdauer verändernde Lampenspannung auch eine sich ändernde Leistungsaufnahme und damit einen sich ändernden Lichtstrom, wenn die Lampen, wie es in der Praxis der Fall ist, an einer festen Versorgungsspannung betrieben werden.

Der Spannungsanstieg spielt aber auch eine wichtige Rolle hinsichtlich der mit NA-Lampen erreichbaren Lebensdauer, worauf später eingegangen wird.

4. NA-Lampen an induktiven Vorschaltgeräten

Im folgenden soll gezeigt werden, wie sich die geschilderten Zusammenhänge beim Betrieb der Lampen mit induktiven Vorschaltgeräten auswirken (Bild 3). Kurve *I* gibt an, wie sich bei einem Betrieb mit 220 V Versorgungsspannung die aufgenommene Lampenleistung für Lampen mit unterschiedlicher Lampenspannung ändert. Unterschiede in der Lampenspannung sind bei der Herstellung von NA-Lampen nicht zu vermeiden, sie treten aber auch, wie im Abschnitt 3. beschrieben, im Laufe der Lebensdauer auf.

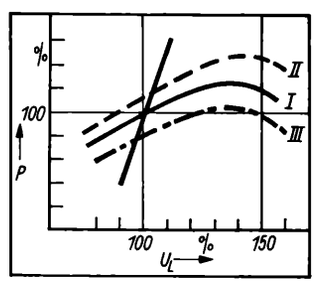


Bild 3. Zusammenhang zwischen Leistung und Lampenspannung beim Betrieb von NA-Lampen an induktiven Vorschaltgeräten (schematisch)
I Versorgungsspannung gleich Nennspannung
II Versorgungsspannung über Nennspannung
III Versorgungsspannung unter Nennspannung

Die Kurven *II* und *III* geben die Verhältnisse bei anderen Versorgungsspannungen wieder, z. B. für eine Abweichung vom Nennwert um + 5% bzw. − 5%. Die eingezeichnete Gerade deutet den Zusammenhang für eine ausgewählte Lampe an, die an 220 V ihre Nennwerte von Lampenspannung und Leistungsaufnahme aufweist. Beim Betrieb an Über- bzw. Unterspannung verändert sich die Leistungsaufnahme um rund + 10% bzw. − 10%. Entsprechendes gilt auch für den Lichtstrom.

Betrachtet man die Zunahme der Lampenspannung während der Lampenalterung, so wird deutlich, daß die Lampenleistung als Folge dieses Effektes ein Maximum durchläuft, um in der Endphase der Lebensdauer wieder abzunehmen. Der genaue Verlauf des Zusammenhanges hängt im konkreten Fall auch von der Charakteristik der verwendeten Drossel ab.

5. Einfluß der Leuchte auf das Betriebsverhalten der Lampen

Beim Betrieb von NA-Lampen in Leuchten ergibt sich eine höhere Lampenspannung als bei freibrennenden Lampen. Das Maß des Lampenspannungsanstieges ist dabei von der jeweiligen Leuchtenkonstruktion abhängig. Durch die Zunahme der Lampenspannung steigt auch der Lichtstrom der Lampe. Wie später erläutert wird,

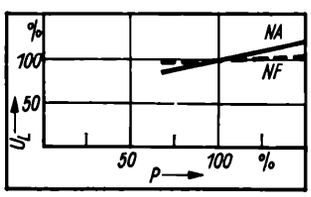


Bild 1. Prozentuale Änderung der Lampenspannung mit der Leistung für NA- und NF-Lampen

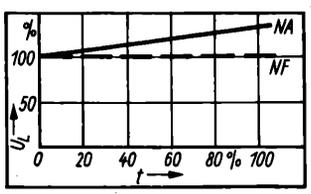


Bild 2. Prozentuale Änderung der Lampenspannung mit der Lebensdauer für NA- und NF-Lampen

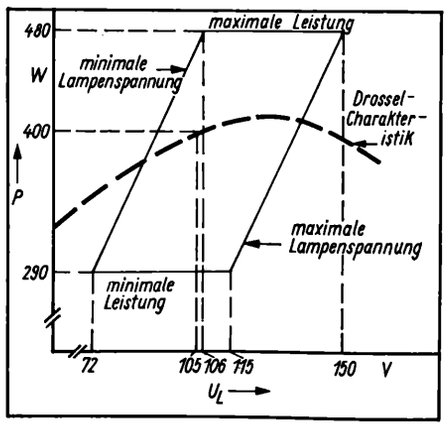


Bild 4. Grenzwertdiagramm für den 400-W-Typ (IEC-Publik. 662) ▶

Dr. rer. nat. *Uwe-Jens Amlong* ist Abteilungsleiter, Dipl.-Phys. *Heinz Schöpe* ist Gruppenleiter im Forschungszentrum für Lichttechnik des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

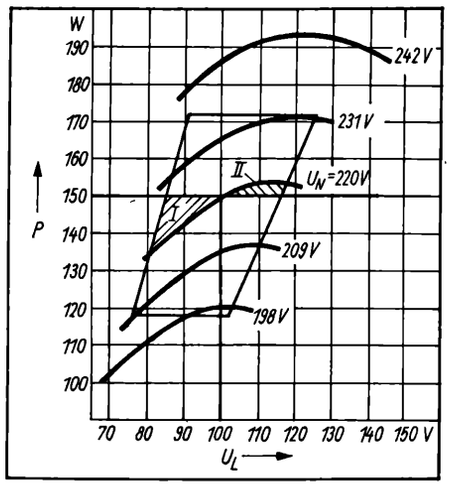


Bild 5. Zusammenhang zwischen Lampenspannung und Leistungsaufnahme bei Lampen NA 150; Parameter – Versorgungsspannung

beeinflußt die Lampenspannung jedoch die Lebensdauer, so daß der durch die Leuchte entstehende Lampenspannungszuwachs in Grenzen gehalten werden muß. Aus diesem Grunde wurden von der IEC für die einzelnen Lampentypen die Werte der Spannungszunahme begrenzt, worauf bei der Leuchtenkonstruktion zu achten ist. Entsprechende Grenzwerte enthält auch der für NA-Lampen verbindliche Standard TGL 32047.

6. Beschreibung des Betriebsverhaltens von NA-Lampen durch Grenzwertdiagramme

In übersichtlicher Form lassen sich die Verhältnisse anhand der von der IEC entwickelten Grenzwertdiagramme diskutieren. Bild 4 zeigt ein solches, aus der IEC-Publikation 662 (1980) entnommenes Diagramm für NA-Lampen 400 W. Bild 5 gibt ein Grenzwertdiagramm für den Typ NA 150 wieder.

Die Gerade der maximalen Lampenleistung in den Bildern 4 bzw. 5 markiert die obere Grenze der Lampenleistung, die in Hinblick auf Lebensdauer und Lichtstromkonstanz noch vertretbar erscheint. Die untere Gerade, die minimale Lampenleistung darstellend, ergibt sich aus der Forderung nach nicht zu langer Anlaufzeit und einer noch akzeptablen Höhe des Lichtstromes[1]).

Wegen des Zusammenhanges zwischen Lampenleistung und Lampenspannung werden die elektrischen und lichttechnischen Parameter von NA-Lampen nach einer internationalen Übereinkunft gemessen, nach der bei Nennleistung für die Lampenspannung bestimmte fertigungsbedingte Toleranzen, beispielsweise (100 ± 15) V für den Typ NA 150 gelten [4].

Die linke und die rechte Begrenzungsgerade im Bild 5 zeigen das Verhalten von Lampenspannung und Leistungsaufnahme bei Lampen, deren Spannung bei Nennleistung an der Grenze des Toleranzbereiches liegt. Aus Bild 5 ist demgemäß zu entnehmen, in welchem Bereich Lampenleistung und Lampenspannung bei neuen Lampen NA 150 schwanken dürfen, und zwar bei 220 V bzw. für einen Betrieb bei einer Abweichung der Versorgungsspannung um ± 5 % (wie sie für den Betrieb von NA-Lampen zugelassen wird). Im Bild 5 ist auch angedeutet, daß bei einer größeren Abweichung der Versorgungsspannung vom Nennwert schnell unvertretbar hohe Schwankungsbreiten der Lampenleistung erreicht werden.

Im Unterschied zum Bild 5, das die Verhältnisse für Lampen NA 150 am Beginn ihrer Lebensdauer darstellt, berücksichtigt das im Bild 4 wiedergegebene Originaldiagramm nach IEC-Publikation 662 [4] für den 400 W-Typ auch den während der Lebensdauer zu erwartenden Lampenspannungsanstieg sowie den vom Einbau der Lampe in die Leuchte herrührenden Spannungszuwachs. In diesem Sinne ist die rechte Begrenzung des Diagramms erweitert, und zwar bis auf etwa 140 V (gemessen bei Nennleistung). Dies ist ungefähr der obere Grenzwert der Lampenspannung, bis zu dem ein sicherer Betrieb bei 220 V noch möglich ist. Steigt die Spannung höher an, so verlischt die Lampe im allgemeinen, um nach dem Abkühlen erneut zu zünden. Dieses zyklische Aus- und Angehen von NA-Lampen kennzeichnet zumeist das Ende der Lebensdauer bei dieser Lampenart.

[1]) Praktisch entsprechen diese Leistungsgrenzen einem Betrieb der Lampen innerhalb des Toleranzbereiches der Versorgungsspannung von ± 5 %.

7. Schlußfolgerungen für das Betriebsverhalten von NA-Lampen

7.1. Leistungs- und Lichtstrombereich der Lampen am Beginn der Lebensdauer

In Tafel 1 ist zusammengefaßt, in welchen Leistungsgrenzen NA-Lampen des Sortiments von 50 W bis 400 W schwanken können, und zwar unterteilt für den Betrieb an 220 V sowie bei Ausnutzung der zulässigen Versorgungsspannungstoleranz von ± 5 %. Die Tafel gilt in guter Näherung auch für das Lichtstromverhalten.

Wie aus der Tafel folgt, ist insbesondere bei Ausschöpfung der zulässigen Versorgungsspannungstoleranz von ± 5 % mit einer erheblichen Schwankungsbreite der Leistungsaufnahme der Lampen und damit auch des Lichtstromes zu rechnen.

Geht man von der Annahme aus, daß für einen Lampenposten im Neuzustand die Lampenspannungen normal verteilt sind, d.h. jeweils die Hälfte der Lampen im Rahmen der Toleranz über bzw. unter dem Nennwert liegt, so ergibt sich dennoch, daß das Beleuchtungsniveau unter dem erwarteten Wert bleibt, sofern man dem Projekt den Lichtstrom bei Nennleistung zugrunde gelegt hat. Diese Situation entsteht aus dem Verlauf der Drosselcharakteristik. Aus Bild 5 entnimmt man, daß der im Bereich I betriebene Teil der Lampen im Mittel stärker von der Nennleistung nach unten abweicht, als die im Bereich II betriebene Hälfte der Lampen im Mittel oberhalb der Nennleistung liegt.

Dies gilt in noch stärkerem Maße, wenn in Zusammenhang mit der anschließend zu diskutierenden Lebensdauerproblematik die Lampenspannung im Neuzustand der Lampen im Mittel unter dem Nennwert liegen sollte.

7.2. Auswirkungen auf die Lampenlebensdauer

Wie schon erwähnt, wird bei NA-Lampen das Ende der Lebensdauer in den meisten Fällen durch eine allmähliche Zunahme der Lampenspannung erreicht. Die entsprechenden Grenzwerte hängen vom Lampentyp ab und liegen bei einer Versorgungsspannung von 220 V im Bereich 130 bis 160 V[2]). Der Effekt der Lampenspannungszunahme wird beschleunigt, wenn NA-Lampen über weite Teile ihrer Brenndauer mit Überlastung betrieben werden, d.h. bei Versorgungsspannungen über 220 V. Ungünstig können sich auch solche Leuchten auswirken, die die Lampenspannung über die zugelassenen Werte hinaus erhöhen.

Eine wichtige Rolle spielt die Frage, bei welchen Lampenspannungswerten die Lampen ihren Betrieb beginnen. Eine Lampe mit einer Spannung von beispielsweise 85 V erreicht wahrscheinlich eine höhere Lebensdauer als eine solche, die bereits im Neuzustand eine Lampenspannung von 115 V aufweist.

Unter Berücksichtigung dieses Verhaltens bevorzugen es daher manche Lampenhersteller, die Spannungswerte ihrer NA-Lampen so einzustellen, daß diese im Neuzustand verstärkt im unteren Bereich des Toleranzfeldes liegen. In diesem Fall wird die im vorigen Abschnitt erwähnte Tatsache, daß NA-Lampen am Beginn ihrer Lebensdauer eine verminderte Leistung aufnehmen können und damit auch den auf Nennleistung bezogenen Lichtstrom nicht erreichen, noch verstärkt. Andererseits ist damit gewährleistet, daß die Leistungsaufnahme solcher Lampen im Verlauf ihrer Lebensdauer den Nennwert nicht überschreitet.

7.3. Leistungs- und Lichtstromentwicklung im Laufe der Brenndauer

Es ist die wichtige Frage zu untersuchen, was sich aus den Eigenschaften der NA-Lampen im Zusammenwirken mit dem Vorschaltgerät für den Verlauf der Leistung und des Lichtstromes während der Lampenbrennzeit ergibt.

Als Folge von Prozessen, die sich während des Lampenbetriebes im Lampeninneren vollziehen, beispielsweise durch zunehmende Schwärzung der Brennerwandung, nimmt der von der Lampe abgegebene Lichtstrom allmählich ab. Mißt man die Lichtströme in

Tafel 1. Leistungsbereiche von NA-Lampen

Nennleistung	Leistung bei 220 V	Leistung bei 220 V ± 5 %
50 W	40 bis 52 W	35 bis 59 W
70 W	58 bis 72 W	50 bis 82 W
150 W	132 bis 156 W	118 bis 172 W
250 W	200 bis 259 W	180 bis 290 W
400 W	340 bis 415 W	290 bis 480 W

[2]) Bei kurzzeitigen Spannungsabsenkungen im Netz kann ein Verlöschen allerdings schon bei niedrigeren Werten der Lampenspannung eintreten.

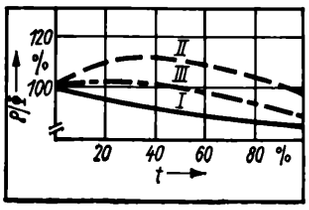


Bild 6. Leistung und Lichtstrom während der Lebensdauer (schematisch)
I Lichtstrom bei Nennleistung
II Leistung
III Tatsächlicher Lichtstrom bei vorgegebener Versorgungsspannung

Abhängigkeit von der Brennzeit der Lampe bei Nennleistung, wie dies bei den Lampenherstellern allgemein üblich ist, so ergibt sich ein Verlauf, wie er im Bild 6 dargestellt ist (Kurve *I*). Während der Lampenalterung nimmt nun aber wegen des Anstiegs der Lampenspannung bei vorgegebener Versorgungsspannung die Leistungsaufnahme zu, um bei einem größeren Wert der Brenndauer wieder abzufallen.

Wie zuvor erläutert, ergibt sich dieses Verhalten aus den Eigenschaften der NA-Lampen in Kombination mit induktiven Vorschaltgeräten. Trägt man daher die Leistung über der Brenndauer auf, so folgt etwa der in Bild 6, Kurve *II* skizzierte Verlauf. Etwa proportional der Leistungsänderung kommt es nun aber zu einer Änderung des Lichtstromes. Auf diese Weise wirkt die zunehmende Lampenleistung bzw. der dadurch wachsende Lichtstrom, der durch andere Effekte bedingten Lichtstromabnahme entgegen.

Werden NA-Lampen an vorgegebener Versorgungsspannung, z.B. an 220 V betrieben, so ergibt sich aus der Überlagerung beider Effekte ein Lichtstromverlauf nach Kurve *III* im Bild 6. Mit diesem Verhalten unterscheiden sich NA-Lampen vorteilhaft von anderen Lichtquellen, z.B. von NF-Lampen. Damit ist auch die in der Praxis zu beobachtende Erscheinung zu erklären, daß mit NA-Lampen bestückte Anlagen eine besonders gute Konstanz der lichttechnischen Parameter zeigen.

8. Schlußfolgerungen

Die Betriebseigenschaften von NA-Lampen, wie sie im vorhergehenden diskutiert wurden, schlagen sich auch in energiewirtschaftlicher Hinsicht vorteilhaft nieder, wie besonders deutlich wird, wenn man ihr Verhalten mit dem von NF-Lampen vergleicht. Im Bild 7 ist ein für NA-Lampen typischer Lichtstromverlauf eingezeichnet, und zwar unter der Annahme, daß diese Lampen aus den vorher besprochenen Gesichtspunkten am Beginn ihrer Brennzeit nur 85% ihres auf Nennleistung bezogenen Lichtstromes aufweisen. Angedeutet ist auch der Verlauf der Lampenleistung während der Lebensdauer, die bei etwa 85% ihres Nennwertes beginnt, dann im Verlauf der Lampenbrennzeit annähernd den Nennwert erreicht, um gegen Ende der Lebensdauer wieder abzufallen.

NF-Lampen zeigen den ebenfalls eingezeichneten Lichtstromverlauf. Ihr Lichtstrom nimmt während der Lebensdauer bei praktisch gleichbleibender Leistung stetig ab.

Veranschaulicht wird dies noch einmal mit Bild 8, in dem das Lichtstromverhalten über die Lebensdauer von zwei im Neuzustand bei Nennleistung lichtstromgleichen Lampen, einer NA 70-00 und einer NF 125-01, aufgetragen ist. Man sieht, daß die NF-Lampe im ersten Teil der Brenndauer einen höheren Lichtstrom bietet als die NA-Lampe. In dem verbleibenden, wesentlich längeren Lebensdauerabschnitt zeigt sich jedoch die NA-Lampe erheblich überlegen. Bild 8 vermittelt außerdem einen Eindruck davon, wie gleichbleibend über lange Zeit das Beleuchtungsniveau einer mit NA-Lampen bestückten Beleuchtungsanlage sein kann.

Besonders deutlich kommen die Vorteile der NA-Lampen gegenüber NF-Lampen zum Ausdruck, wenn man die über die Lebensdauer gemittelten Lichtströme beider Lampenarten für Typen mit annähernd gleichen Anfangslichtströmen gegenübergestellt. Dazu werden die Lichtstromabfallkurven beider Lampenarten über die Lebensdauer T integriert und die so erhaltenen Lichtmengen durch die Lebensdauer dividiert $\left(\frac{1}{T}\int_0^T \Phi \, dt\right)$.

Verfährt man sinngemäß bei der Zeitabhängigkeit der Leistungsaufnahme P, so ergibt sich mit $\int_0^T \Phi \, dt \Big/ \int_0^T P \, dt$ ein Wert für die über die Lebensdauer gemittelte Lichtausbeute.

Diese, die Lampeneigenschaften während der Lebensdauer berücksichtigenden Werte sollten anstelle von Katalogangaben, die nur die Anfangsparameter umfassen, die eigentlichen Bewertungskriterien bei einem energiewirtschaftlichen Vergleich von Lichtquellen sein.

Tafel 2 enthält die Ergebnisse eines solchen Vergleiches. Wie der Tafel zu entnehmen ist, liegt der über die Lebensdauer gemittelte Wert der Lichtausbeute für NA-Lampen mindestens beim doppelten Wert der NF-Lampen, während der entsprechende Vergleich der Anfangsparameter zu Faktoren von 1,6 bis 1,9 führt.

Für einen optimalen Einsatz von NA-Lampen sollte man daher den hier erläuterten, für diese Lampenart typischen Verlauf der elektrischen und lichttechnischen Parameter bereits in der Projektierungsphase der entsprechenden Anlagen berücksichtigen.

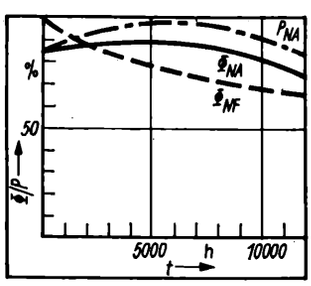


Bild 7. Zeitlicher Verlauf des Lichtstromes bei NA- und NF-Lampen sowie Leistungsverlauf bei NA-Lampen

Literatur

[1] *J. A. J. M. van Vliet, J. J. de Groot:* High-pressure sodium lamps. IEE-Proceedings, London 128 (1981) 6, S. 415 – 451

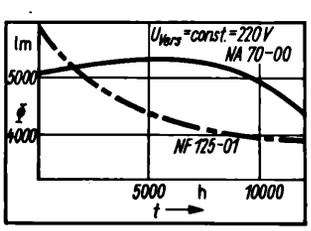
[2] *M. C. Unglert, R. M. Kane:* The interaction of high-pressure sodium lamps, ballast and luminaires. Lighting Design and Application 10 (1980) 11, S. 43 – 47

[3] *M. C. Unglert:* The need for high-pressure sodium ballast classification. Lighting Design and Applikation 12 (1982) 3, S. 29 – 32

[4] Làmpes à vapeur de sodium à haute pression. Commission Electrotechnique Internationale (IEC), Publication 662, Genève (Suisse) 1980

EA 5454

Bild 8. Lichtstromverhalten über die Lebensdauer von zwei bei Nennleistung lichtstromgleichen Lampen (NA 70-00; NF 125-01); bei einer Versorgungsspannung von gleichbleibend 220 V



Tafel 2. Elektrisch-lichttechnische Parameter von NF- und NA-Lampen

Lampentyp	Nennleistung	Nennlichtstrom	Nennlichtausbeute	$\frac{1}{T}\int_0^T P \, dt$	$\frac{1}{T}\int_0^T \Phi \, dt$	$\int_0^T \Phi \, dt \Big/ \int_0^T P \, dt$
	W	lm	lm/W	W	lm	lm/W
NF 80-01	80	3400	43	80	2590	32
NF 125-01	125	6000	48	125	4570	37
NF 250-01	250	13000	52	250	9890	40
NF 400-01	400	23000	58	400	17500	44
NF 700-01	700	42000	60	700	31960	46
NA 50-01	50	3500	70	47	3010	64
NA 70-01	70	5800	83	66	4980	75
NA 150-01	150	14000	93	141	12030	85
NA 250-01	250	25500	102	235	21900	93
NA 400-01	400	46000	115	376	39510	105

Stand und Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte für Hochdruckentladungslampen

J. Heinze, KDT, Berlin

Sowohl die Energie- als auch die Rohstoffprobleme erzwingen Lichtquellen mit höherer Lichtausbeute und/oder längerer Lebensdauer bei gleichem oder niedrigerem Rohstoffeinsatz. Das führt notwendigerweise zu hochwertigen Beleuchtungssystemen mit Verwendung besserer Werkstoffe, unter Einsatz leistungsfähiger Technologien.
Weil qualitativ hochwertige Materialien benötigt werden und der Fertigungsaufwand steigt, werden neue Lichtquellen zunehmend teurer in der Anschaffung. Daraus resultiert ganz wesentlich die Tendenz zu relativ weniger, aber hochwertigen Beleuchtungssystemen, die zwar in der Anschaffung teurer, aber im Betrieb billiger sind (siehe Tafel 1).
Glühlampen haben z. B. wegen der geringen Lichtarbeit die höchsten spezifischen Beleuchtungskosten (alle Kosten außer denen für die Leuchte und die Wartung der Beleuchtungsinstallation). Werden zur besseren Vergleichbarkeit die spezifischen Beleuchtungskosten auf einen hypothetischen Anschaffungspreis von 100,— M umgerechnet, dann wird der Trend besonders deutlich. Gasentladungslampen entsprechen diesem Trend nach preiswerter Beleuchtung also am besten, wobei aus vielen Gründen die Hochdruckentladungslampen für die Außenbeleuchtung vorzuziehen sind.
Gasentladungslampen müssen jedoch mit Vorschalt- und Zündgeräten betrieben werden, die etwa 10 bis 25 kg hochwertiges Material wie magnetischen Bandstahl und Kupferlackdraht je kW Gesamtleistung enthalten. Außerdem liegen die Verluste zwischen 10 und 20 % der Gesamtleistungsaufnahme der Geräte. Es liegt auf der Hand, elektronische Vorschaltgeräte mit ihrem besseren Masse-Leistungsverhältnis für diesen Zweck einzusetzen. So haben sich elektronische Zündgeräte international und auch in der DDR für Metallhalogeniddampf- bzw. Natriumdampfhochdrucklampen durchgesetzt. Auch hinsichtlich der Vorschaltgeräte gibt es neue Entwicklungen.

1. Stand und Tendenzen

Die Schaltungen elektronischer Vorschaltgeräte bestehen aus den Baugruppen:

- Funkentstörung
- Oberschwingungsfilter
- Gleichrichtung (und Glättung)
- Anschwingschaltung
- Sicherheitsabschaltung
- Inverter- oder Transverterschaltung mit Spannungs- oder Stromrückkopplung
- Lampenkreis mit Strombegrenzung.

Tafel 1. Technisch-ökonomische Angaben ausgewählter Lampentypen (bezogen auf 0,20 Mark/kWh)

Typ	Leistung W	Preis M	Lichtstrom lm	Lichtarbeit Mlmh	spezifische Beleuchtungskosten
AHD	100	1,75 (100,00)	1350	1,35	16,11 (920,57)
LS40-1	50*	15,40*) (100,00)	3200	38,40	3,47 (22,53)
NF80-01	90*	55,85*) (100,00)	3400	40,8	6,29 (11,26)
NC 100-01	113*	91,50 (100,00)	6300	12,6	8,44 (9,22)
NA 70-01	85*	160,50* (100,00)	5800	23,2	6,49 (4,04)

*) Bezogen auf Preis bzw. Leistungsaufnahme einschließlich Vorschalt- und Zündgerät, soweit erforderlich

Dr. rer. nat *Joachim Heinze* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Berliner Glühlampenwerk des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg".
Der Beitrag entstand aus einem Vortrag des Autors am 12. 10. 1983 auf der 6. Fachtagung „Stadt- und Außenbeleuchtung" der KDT, BV Rostock.

Die Zündung ist im Gerät integriert. Durch den Übergang zum Hochfrequenzbetrieb entfällt der stroboskopische Effekt. Schließlich läßt sich mit elektronischen Vorschaltgeräten bei nur geringen Mehrkosten eine Helligkeitssteuerung mit bis zu 50 % Leistungsreduzierung ohne Einfluß auf die Lebensdauer der Lampen realisieren [7]. Nach [1] ist beispielsweise bei NA-Lampen der Einfluß von Frequenz und Stromverlauf auf die Entladungseigenschaften eng mit der Relaxationszeit für das Abkühlen des Plasmas verbunden. Die Modulationstiefe der Plasmatemperatur hat auf die verschiedenen Eigenschaften der Entladung unterschiedliche Wirkung. Die nachgewiesene Änderung der Modulationstiefe von 20 % bei 50 Hz auf 1 % bei 10 kHz bedeutet, daß sich die Eigenschaften von NA-Lampen mit steigender Frequenz des sinusförmigen Versorgungsstromes denen bei Gleichstrombetrieb nähern; Wiederzündspitzen und Lichtwelligkeit verschwinden. In [2] wird begründet, daß die Lichtausbeute von der Frequenz fast unabhängig ist. Im Gegensatz dazu wird in [3] ein achtprozentiges Ansteigen der Lichtausbeute einer 400-W-NA-Lampe bei 20 kHz im Vergleich zum 60-Hz-Betrieb angenommen.
Untersuchungen im eigenen Labor bei 30 kHz unterstützen die Auffassung in [2].
In [4] wird über Untersuchungen an 70-W-NA-Lampen berichtet, bei denen die Drossel im Bereich 50 bis 275 Hz betrieben wurde, der Gesamtsystem-Nutzen beträgt 18 %. Sind demnach die Einsparungen an Elektroenergie durch den Hochfrequenzbetrieb von Hochdrucklampen im Gegensatz zu Leuchtstofflampen umstritten bzw. fehlen, so bleibt noch der Versuch, den Eigenverbrauch von Vorschalt- und Zündgerät zu vermindern. Nach [5] können je 1 W Einsparung an Verlustleistung bis max. 5 Mark aufgewendet werden. Unter Beachtung des Normverbrauchs von 15 W für Vorschalt- und Zündgerät, einer sicher möglichen Verminderung der Verlustleistung um etwa 2 W sowie dem „Brennkalender der Straßenbeleuchtung" wären diese Mehraufwendungen in 4 Jahren wieder eingebracht. Ein elektronisches Vorschaltgerät mit integriertem Zündgerät dürfte dann beispielsweise bei 70 W im Vergleich zum konventionellen Gerät 100 M kosten.

2. Vor- und Nachteile des Impulsbetriebes

In [7] ist bei NA-Lampen der Impulsbetrieb (50 Impulse/s) untersucht worden. Das Ziel des Impulsbetriebes ist die Verbesserung der Lichtqualität durch den während eines kleinen Periodenabschnittes erhöhten Spitzenstrom. Dieser führt zu einer erhöhten Plasmatemperatur im leitenden Kanal und bewirkt eine verstärkte Strahlung im blauen Spektralbereich. Es kann gefolgert werden, daß die Farbtemperatur auf Kosten einer Lichtausbeute-Verminderung um mehr als 20 % auf 3000 K erhöht werden kann. Dagegen steigt der allgemeine Farbwiedergabe-Index R_a nur geringfügig an.
Schließlich verbessern sich auch das Zündverhalten sowie das Wiederzünden heißer Lampen bei Hochfrequenzbetrieb. — Der Betrieb von Gasentladungslampen an hochfrequenten sinusförmigen oder impulsartigen Strömen wird durch die Entstehung stehender Druckwellen behindert, die wiederum akustische Resonanzen auslösen [1] [3]. Die Entladung wird an die Brennerwand gedrückt oder sie ist eingeschnürt. Quelle dieser akustischen Druckwellen sind Änderungen des Augenblickwertes der Eingangsenergie. Diese Erscheinung ist mit den Resonanzfrequenzen eines Hohlkörpers ähnlich einer Orgelpfeife vergleichbar. Es scheint sicher, daß der unterste Resonanzpunkt mit der Länge des Brenners zusammenhängt; bei höheren Frequenzen werden der Brennerdurchmesser bzw. der Abstand Elektrode — Wand wichtiger. Da dieser Vorgang durch örtliche Überhitzung zum Bruch des Brenners, zu unerlaubten Lichtstromschwankungen oder zum Anstieg der Lampenspannung führen kann, müssen Brennerabmessungen und Versorgungsfrequenzen entsprechend gewählt werden. Untersuchungen bei 30 kHz an NA-Lampen kleiner Leistungsaufnahme zeigten allerdings dieses Verhalten nicht.
Insgesamt kann man davon ausgehen, daß die technische Seite der Entwicklung eines elektronischen Vorschaltgerätes für Gasentladungslampen befriedigend gelöst ist.
Einem massenhaften Einsatz in der Beleuchtung stehen jedoch noch folgende Gründe entgegen:

1. Hoher Preis
2. Großes Volumen wegen Verwendung diskreter Bauelemente
3. Möglicherweise geringere Zuverlässigkeit wegen des Einsatzes einer relativ großen Anzahl (etwa 50) verschiedener Bauelemente.

Fortsetzung auf Seite 458

Uber das Intensitätsverhalten ausgewählter Linien von Quecksilberentladungsstrahlern in der Anlaufphase

J. Fischer, KDT, Berlin

1. Vorbemerkung

Zur Lösung von speziellen Aufgaben in der Bestrahlungstechnik werden u.a. auch Quecksilberentladungsstrahler aller Druckbereiche eingesetzt. Diese emittieren die Strahlung hauptsächlich in Form von Linien, deren spektrale Breite und Intensität vom Druck des Metalldampfes abhängig ist. Der Dampfdruck wird durch die Abmessungen der Hüllgefäße und Füllmengen beeinflußt und muß sich nach erfolgter Zündung der Strahler einstellen. Dieser Vorgang, als Anlaufen der Strahler bezeichnet, ist durch zeitliche Änderungen der elektrischen und strahlungstechnischen Parameter gekennzeichnet. Der Anlauf der einzelnen emittierten Linien ist unterschiedlich.

Kowollik u.a. haben über das Anlaufverhalten von Quecksilber-Hoch- und- Höchstdruck-Strahlern veröffentlicht [1] und darin besonderen Wert auf die Änderungen der elektrischen Größen gelegt. An Hand des Anlaufdiagrammes für die Strahlerspannung werden 4 Phasen beschrieben.

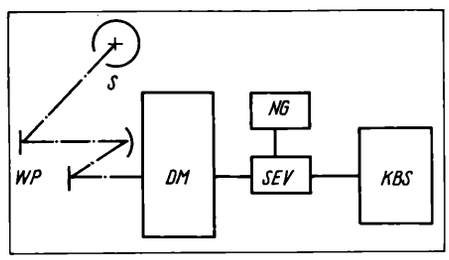
- die Zündphase
- die Phase der relativen Spannungskonstanz
- die Phase des Spannungsanstieges
- die Dauerbrennphase.

In dieser Arbeit soll über das strahlungstechnische Verhalten zwischen der Zünd- und Dauerbrennphase berichtet werden. Dabei interessieren besonders einige strahlungsintensive Wellenlängen des sichtbaren und des ultravioletten Spektralbereiches.

2. Meßaufbau

Den verwendeten Meßaufbau zeigt Bild 1. Der Strahler (*S*) wird in einem Strahlerhaus betrieben. Die Strahlung fällt auf eine diffus reflektierende Weißplatte (*WP*) und wird durch ein Spiegelsystem auf den Aperturspiegel eines Prismendoppelmonochromators (*DM*) so abgebildet, daß dieser voll ausgeleuchtet ist. Als Photoempfänger wird ein *SEV* verwendet, dessen spektrale Empfindlichkeit der S20-Charakteristik entspricht und dessen absolute Empfindlichkeit über ein elektronisch stabilisiertes Netzgerät (*NG*) eingestellt wird. Das Empfängersignal wird von einem Kompensationsbandschreiber (*KBS*) registriert. Die Apparatur wird bei eingeschaltetem Strahler auf die zu untersuchende Wellenlänge einjustiert. Ein der Intensität entsprechender Meßbereich am Netzgerät und am Kompensationsbandschreiber wird gewählt. Nach dem Ausschalten und Abkühlen des Strahlers ist die Apparatur meßbereit für die Registrierung des Anlaufverhaltens bei der gewählten Wellenlänge. Dazu wird der Papiervorschub des Kompensationsbandschreibers eingeschaltet und der Strahler anschließend gezündet. Das Registrogramm gibt das Anlaufverhalten des Strahlers bei der gewählten Wellenlänge von der Zündung bis zur Dauerbrennphase wieder. Vor dem Ausschalten des Strahlers wird die Meßapparatur auf die Wellenlänge eingestellt, die als nächste betrachtet werden soll. Die erforderlichen Einstellgrößen des Monochromators, wie Spalthöhe und -breite wurden in Voruntersuchungen ermittelt. Diese Größen sind abhängig von den Strahlerarten und, wegen der Dispersion, von den zu untersuchenden Spektralbereichen.

Bild 1. Meßaufbau



3. Anlauf ausgewählter Linien an HBO 200-Strahlern

Das Anlaufverhalten von Quecksilber-Höchstdruckstrahlern HBO 200 wurde bei unterschiedlichen Betriebsweisen der Strahler untersucht

- bei Betrieb an 220 V Wechselspannung über ein induktives Vorschaltgerät
- bei Betrieb an 110 V Gleichspannung über einen ohmschen Widerstand.

In den Bildern 2 und 3 sind die Anläufe einiger ausgewählter Linien dargestellt.

Die Kurven wurden auf den Maximalwert der Intensität der Linien normiert. Die Kurvenverläufe beider Betriebsarten sind sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich nur in der Anlaufzeit. Der Anlauf der HBO-200-Strahler bei Betrieb an Gleichspannung ist nach 1 min im wesentlichen beendet, bei Betrieb an Wechselspannung beginnt er zu dieser Zeit gerade und ist nach etwa 3,5 min abgeschlossen.

Das ist offenbar eine Folge der höheren Temperatur bei Betrieb an Gleichspannung und der damit verbundenen höheren Verdampfungsgeschwindigkeit des Quecksilbers.

Das Ansteigen von Druck und Temperatur im Strahlerinnern bewirkt eine Veränderung der Energieverteilung zwischen den einzelnen Spektrallinien und eine starke Absorption der Resonanzstrahlung (253,7 mm). Starke Absorption erfährt auch die Linie 265,2nm. Die Intensität der sichtbaren Linien (404,7; 435,8; 546,1 nm), die nach der Resonanzstrahlung das niedrigste Anregungspotential haben, wächst mit dem Druck. Die Intensität der anderen Linien mit höheren Anregungspotentialen durchläuft ein Maximum und fällt wieder (296,7 nm; 312,6 nm; 365/366,3 nm).

Der Anlauf von Linien mit einfachen Übergängen (312,6 nm; 435,8 nm) erfolgt mit steilerem Anstieg als der Anlauf von solchen Linien, die über metastabile Zustände entstehen (365/366,3 nm; 546,1 nm).

Ing. *Jürgen Fischer* ist Gruppenleiter für Spektralphotometrie im VEB NARVA „Rosa Luxemburg" Berliner Glühlampenwerk.

Fortsetzung von Seite 457

Aus diesen Gründen ist anzunehmen, daß elektronische Vorschaltgeräte für Hochdrucklampen zunächst nur für Spezialzwecke Verwendung finden werden. Erst mit dem weiteren Ansteigen der Kosten und Preise für Energie und Material oder dem Verbilligen der Geräte durch Verwendung hybrid-integrierter Schaltungen und weiterer neu zu entwickelnder Leistungsbauelemente wird ein wirtschaftlich sinnvoller Einsatz möglich werden.

Literatur

[1] *Vliet, J. A. J. M. van; Groot, J. J. de:* High-pressure sodium discharge lamps. IEE Proceedings. London 128 (1981) 6

[2] *Dorleijn, J. W. F.* und *van der Heijden, R. L. A.:* Properties of high-pressure sodium arcs at frequencies above 50 Hz. 33 rd. Gasous Electronics Conf., Oklahoma, 1980 Paper LA – 2 (lag nicht vor; ref. in [1])

[3] *Campbell, J. H.:* Initial Characteristics of High-Intensity Discharge Lamps on High-Frequency Power. III. Ingng. 1969, 64 S. 713 – 722

[4] *Di Fraia, L.:* A method to achieve continuous dimming of low pressure sodium and other gas discharge lamps. Journal of IES 10 (1981) 4, S. 245 – 252

[5] *Liewald, H.; Moritz, J.; Wolff, J.:* Die Anwendung der Entladungsphysik zur Realisierung der Aufgaben der Beleuchtungstechnik in den 80er Jahren. ELEKTRIE, Berlin 35 (1981) 12, S. 646 – 651

[6] *Johnson, P. D.* und *Rautenberg, T. H.:* Spectral change mechanism in the pulsed high-pressure sodium arc. J. Appl. Phys., 1979. 60, S. 3207 bis 3211 (lag nicht vor; ref. in [1])

[7] *Bodenhausen, K. H.:* Lichtquellen und Zubehör für die 80er Jahre. Licht, München 33 (1981) 1, S. 27 – 31

EA 5406

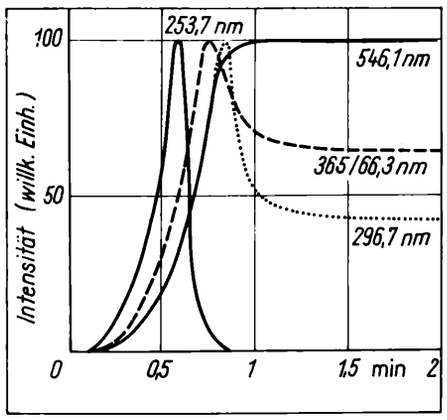


Bild 2. HBO 200, Anlauf ausgewählter Linien bei Wechselspannungsbetrieb

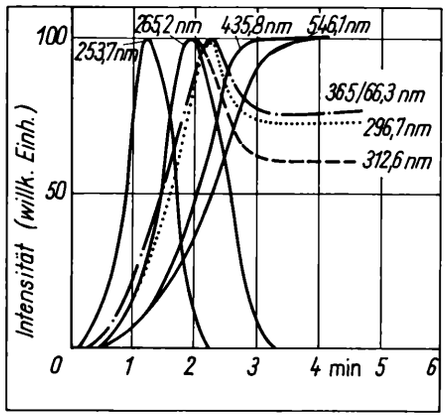


Bild 3. HBO 200, Anlauf ausgewählter Linien bei Gleichspannungsbetrieb

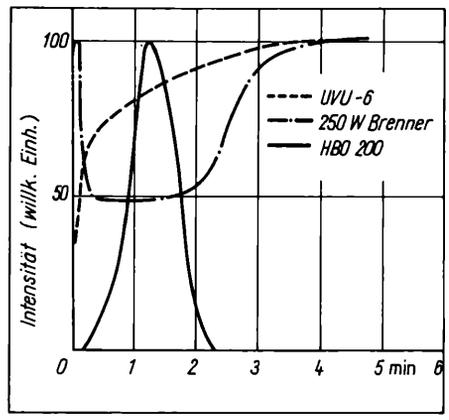


Bild 4. Anlauf der Resonanzlinie 253,7 nm bei unterschiedlichen Strahlern

4. Anlauf der Resonanzlinie 253,7 nm bei unterschiedlichen Strahlern

Im Bild 4 ist das Anlaufverhalten der Resonanzlinie 253,7 nm dargestellt, wenn Strahler mit unterschiedlichen Hg-Dampfdrücken auf die Weißplatte strahlen.

Für die Gruppe der Niederdruckstrahler wurde der UVU 6 ausgewählt. Es ist zu erkennen, daß unmittelbar nach dem Zünden etwa 35% der maximalen Intensität nachweisbar sind. Ein stetiger Anstieg der Strahlungsemission führt in etwa 4 min auf den maximalen Wert.

Für die Einstrahlung mit Höchstdruckstrahlern, in diesem Fall mit HBO 200 an Wechselspannung betrieben, ist der aus Bild 3 bekannte Verlauf eingezeichnet worden.

Als Vertreter der Gruppe der Quecksilberhochdruckentladung wurde der Brenner einer 250-W-Hochdrucklampe für Allgemeinbeleuchtungszwecke über ein induktives Vorschaltgerät an 220 V Wechselspannung betrieben. Um stabile Temperaturverhältnisse zu erreichen, brannte der Brenner in einem Strahlerhaus. Der Intensitätsabfall in der ersten Phase ist durch Absorption zu erklären, der Anstieg nach 2 min resultiert aus dem Anwachsen des Kontinuums in der Umgebung der Resonanzlinie.

5. Schlußfolgerungen

Die Registroprogramme von Anläufen unterschiedlicher Spektrallinien lassen sich für alle Typen von Entladungsstrahlern fortsetzen und bei geschickter Wahl des Mittelspaltes am Doppelmonochromator auf breite Spektralbereiche (z.B. UVA, UVB) erweitern. In jedem Fall sind Anlaufkurven erhalten worden, die dem Verlauf der sichtbaren Linien in Bild 2 entsprechen.

Die Anlaufzeiten sind abhängig davon, wie schnell das thermische Gleichgewicht der Gasentladung erreicht ist. So benötigt eine komplette Hg-Hochdrucklampe für die sichtbaren Linien nur ein Drittel der Anlaufzeit des Brenners an denselben Stellen des Spektrums.

Der zeitliche Aufwand für die Registrierung von einzelnen Linien beträgt einschließlich Justierung und Abkühlung etwa 15 min.

6. Zusammenfassung

Diese Arbeit gibt einen Überblick über das strahlungstechnische Verhalten ausgewählter Spektrallinien in der Anlaufphase von Strahlungsquellen. Die Angaben aus [1] werden erweitert und ergänzt.

Wie der Anlauf von HBO-Strahlern zeigt, verlieren einige Linien mit steigendem Druck ihrer Intensität ganz, andere teilweise. Für spezielle Anwendungsfälle sind die erforderlichen Bestrahlungsstärken über Druckvariationen zu optimieren. Die beschriebene Meßmethode kann nach Erweiterung und Verbesserung für solche Optimierungen angewendet werden.

Literatur

[1] *Kowollik, G.; Möhring, D.; Moritz, J.:* Über das Anlaufverhalten von Quecksilberhoch- und -höchstdrucklampen. ELEKTRIE, Berlin 26 (1972) 8, S.231 bis 232 EA 5506

„Richtige Beleuchtung am richtigen Platz"

Beleuchtungstechnik aus der DDR in Budapest

„Richtige Beleuchtung am richtigen Platz" — unter diesem Motto fand vom 9. bis 11. Mai 1984 im Bürohaus der Außenhandelsfirma Konsumex in Budapest (Hungaria Körut 162) eine Fachausstellung beleuchtungstechnischer Erzeugnisse aus der DDR statt. Veranstalter waren Heim-Electric Export-Import und Konsumex. Gezeigt wurden Neuheiten und verbesserte Beleuchtungskörper für Bühne, Wohnung sowie Industrie- und Gesellschaftsbauten. Schwerpunkt der Ausstellung war die energiesparende Scheinwerfergeneration „Studio 80" für Bühne, Film und Fernsehen mit Halogenlampen der ungarischen Tungsram-Werke.

Heim-Electric steht seit Anfang der 50er Jahre mit der Ungarischen VR in Geschäftsverbindung. Die Ungarische VR importiert u.a. Wohnungsleuchten, Bühnen- und Studiotechnik, Objektbeleuchtung, Elektrohausgeräte, Fotoerzeugnisse, Rundfunk- und Fernsehgeräte, Installationsmaterial u.a. Die ungarische Lieferliste enthält neben Tungsram-Lampen, Kfz-Elektrik, Baugruppen für Fernsehgeräte, Heißwasserspeicher, Erzeugnisse der Elektrokeramik und Automatisierungsgeräte und Baugruppen. Die Ungarische VR ist in der Elektrotechnik mit einem Wertvolumen von rund 80 Millionen Rubel jährlich zweitwichtigster Handelspartner der DDR. Zwischen Heim-Electric und ungarischen Betrieben bestehen langfristige Spezialisierungsverträge. Heim-Electric lieferte u.a. Beleuchtungseinrichtungen für die Budapester Staatsoper, für einige Hungar-Hotels und bemüht sich jetzt um Lieferaufträge für das geplante Budapester Nationaltheater.

Nach „Neueste Nachrichten", Budapest

Die Redaktion EA 1853

Herstellung und Eigenschaften von Wolfram für die Lichtquellenindustrie

P. Schade, KDT; H. Sämisch, KDT; Berlin

1. Einführung

Infolge der hervorragenden und teilweise einzigartigen physikalischen und mechanischen sowie chemischen Eigenschaften sind Wolfram und Wolframlegierungen als Leuchtkörperwerkstoff in Temperaturstrahlern und als Elektrodenwerkstoff in Entladungslampen unübertroffen. Wolfram für die Lichtquellenindustrie wird seit über 70 Jahren ausschließlich pulvermetallurgisch hergestellt. Die Entwicklung dieser Technologie bildete die Voraussetzung für den Einsatz der hochschmelzenden Metalle in der Glühlampenindustrie und die Grundlage für die heutige industrielle Nutzung der Vorteile der pulvermetallurgischen Technik bei einer Vielzahl weiterer Werkstoffe [1].
Im Zusammenhang mit den gestiegenen technologischen Anforderungen durch den zunehmenden Automatisierungsgrad der Lichtquellenproduktion sowie durch energieökonomisch bedingte höhere Anwendungstemperaturen sind Fragen zur Perfektion und Homogenität des Wolframs, zur Hochtemperaturkriechfestigkeit, zum optimalen Gefügeaufbau in Elektrodenwerkstoffen und zu den lebensdauerbestimmenden werkstoffbedingten Ausfallmechanismen des Wolframs in Lichtquellen von besonderem wissenschaftlichen und praktischen Interesse [2] bis [6].

2. Wolframherstellung

Wolfram wird in Lichtquellen in vier Werkstoffgruppen verwendet:

1. Reines Wolfram und Wolframlegierungen
2. AKS-gedoptes Wolfram (Aluminium-, Kalium- und Siliziumzusätze)
3. Dispersionsgehärtetes Wolfram mit emissionsfördernden Zusätzen
4. Verbundwerkstoffe auf Wolframbasis.

Bei allen Werkstoffgruppen gliedert sich die Herstellung von Halbzeug in Form von Stäben, Stiften, Draht, Folien, Wendeln und Elektroden nach den charakteristischen Prozeßstufen der pulvermetallurgischen Technologie:

— Ausgangsmaterial- und Metallpulverherstellung
— Pressen der Pulver
— Sintern der Preßkörper
— Weiterverarbeitung der Sinterkörper zu Halbzeugen.

2.1. Rohstoffsituation, Ausgangsmaterial- und Metallpulverherstellung

Wolfram gehört zu den seltenen Metallen [7]. Die geschätzten Erzreserven der Mineralien Scheelit, Ca WO_4, und Wolframit, (Fe, Mn) WO_4, betragen etwa $1{,}95 \cdot 10^6$ t [8]. Die Weltjahresproduktion ist im Vergleich zur Stahlerzeugung sehr bescheiden und beträgt etwa $4 \cdot 10^4$ t [1]. Nur 10 bis 15% der Fördermenge werden pulvermetallurgisch für die Lichtquellenindustrie und einige Sonderanwendungen in der Elektrotechnik verarbeitet.
Die Herstellung von Wolfram erfolgt über bekannte Methoden der Erzaufbereitung sowie spezielle chemische Konzentrierungs- und Reinigungsprozesse zu Ammoniumparawolframat (APW) oder zu entsprechenden Oxiden hoher Reinheit. Dabei werden Verunreinigungen, die sich auf die anschließende Weiterverarbeitung störend auswirken, weitgehend abgetrennt. Bei gleicher Art der Aufschluß- und Reinigungsmethode sind Qualität und Quantität der Spurenverunreinigungen vom Erz abhängig [7]. Als Beispiel ist im Bild 1 dargestellt, daß die besondere Reinheit des APW durch selektiven Aufschluß, spezielle Fällungsreaktionen, die Flüssig-Flüssig-Extraktion mit tertiären Aminen und als einem wesentlichen Schritt durch die APW-Kristallisation erreicht wird.

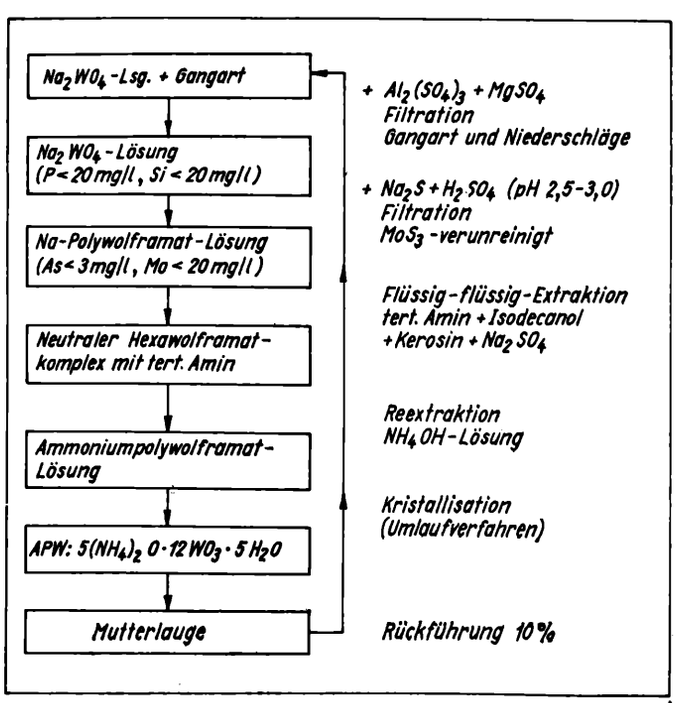
Dr.-Ing. *Peter Schade* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Phys. *Hellmut Sämisch* ist Abteilungsleiter im Forschungszentrum für Lichttechnik Berlin des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

Die Metallpulverherstellung erfolgt großtechnisch durch Wasserstoffreduktion. Diese Reduktion kann in schiffchenbeschickten Durchsatzöfen im H_2-Gegenstrom, im Drehrohrofen oder in der Wirbelschicht erfolgen [1]. Neben der Möglichkeit, Dopingzusätze und/oder Legierungselemente in unterschiedlichen Formen vor der Reduktion einzubringen und dadurch die Reduktionskinetik zu steuern, lassen sich die Wolframpulvereigenschaften durch die Wahl der Reduktionsbedingungen beeinflussen. Die Reduktionsparameter Temperatur, Zeit, Einwaage, Menge und Zusammensetzung der H_2-Atmosphäre sowie die Ofenbauart bestimmen die Pulvercharakteristik. Die Bilder 2a und 2b zeigen charakteristische Morphologien unterschiedlich hergestellter Wolframpulver. Die erreichbaren mittleren Korngrößen liegen in der Regel zwischen 1,5 µm und 10 µm. Die Korngrößenverteilung läßt sich über die Wahl der Schütthöhe des Pulvers beeinflussen [7].
Von besonderer Bedeutung für die Lichtquellenindustrie sind sogenannte AKS-gedopte Wolframqualitäten mit Zusätzen von Al, K und Si wegen der damit steuerbaren speziellen Rekristallisations- und Hochtemperaturkriecheigenschaften [9] [10]. Da nur ein Bruchteil der Zusätze, insbesondere des Kaliums, festkörperphysikalisch wirksam wird [11] [12], und der Dopingüberschuß die Weiterverarbeitung des Pulvers empfindlich stören kann, wird gedoptes Wolframpulver mit Flußsäure oder Flußsäure-/Salzsäuremischungen ausgewaschen. Damit wird eine Verbesserung des Sinterverhaltens, eine geänderte Gefügeausbildung im Sinterstab und außerdem eine günstigere Verteilung der wirksamen Dopingzusätze erreicht [4] [11] [12].
Wie bei AKS-gedoptem Wolfram ist aufgrund des notwendigen submikroskopischen Gefügeaufbaus auch für Elektrodenwerkstoffe mit emissionsfördernden Zusätzen (ThO_2, La_2O_3, Y_2O_3) die pulvermetallurgische Technologie notwendige Voraussetzung zur Herstellung.

2.2. Pressen und Sintern von Wolframpulver

Die Formgebung von Wolframpulver zu kantenbeständigen Preßkörpern erfolgt großtechnisch durch Matrizenpressen als einem sehr genau arbeitenden Verfahren, allerdings mit dem Nachteil einer ungleichmäßigen Dichteverteilung im Preßling [1] und hoher Preise der Preßwerkzeuge [13]. Für großformatige Preßlinge findet das isostatische Pressen Anwendung [8]. Der Preßdruck hängt von den Pulvereigenschaften ab und ist der nachfolgenden Sintertechnologie anzupassen.
Die Sinterung von Wolfram erfolgt entweder im direkten Stromdurchgang (Coolidge-Verfahren) oder durch indirekte Erwärmung in Hochtemperaturöfen unter Wasserstoffatmosphäre. Das Coolidge-Verfahren ist infolge der auftretenden Temperaturgradienten allerdings nur für Stäbe kleinerer Abmessungen geeignet. Großformatige Wolframteile, vor allem für Bleche und Stäbe, werden indirekt ge-

Bild 1. Reinigungsverfahren zur Herstellung von Ammoniumparawolframat (APW) nach *E. Lassner* [7]



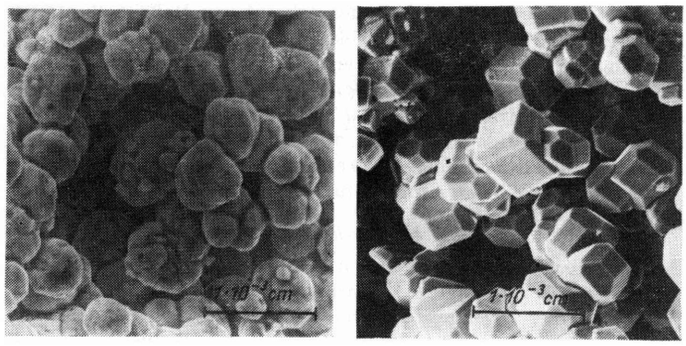


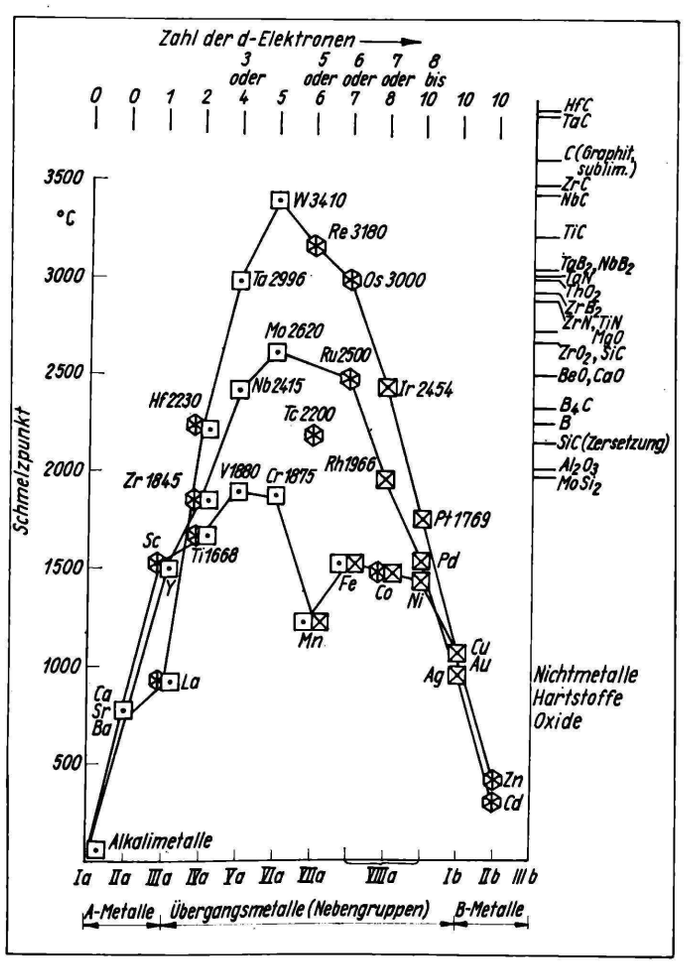
Bild 2. Wolframpulvermorphologie, AKS-gedoptes W-Pulver (*a*), thoriertes W-Pulver (*b*), REM-Aufnahmen, $V = 3000:1$

sintert. Die Sinterung von Formteilen wird erst durch dieses Verfahren ermöglicht, falls man nicht die kostenungünstige spanabhebende Formgebung in Betracht zieht. Für Elektrodenwerkstoffe erweist sich die Indirektsinterung gleichfalls als vorteilhaft, vor allem, wenn definierte Porositäten eingestellt werden sollen oder durch sinterfördernde Zusätze, z.B. Nickel, Palladium oder Rhenium [14], mit flüssiger Phase zur Dichtesteigerung gesintert werden kann. Durch die Wahl der Sinterbedingungen können Größe und Verteilung zweiter Phasen gebrauchswertgerecht eingestellt werden.

2.3. Weiterverarbeitung der Sinterkörper

Nach dem Sinterprozeß weisen Wolframsinterkörper noch eine Restporosität von etwa 8 bis 12% auf. Bis auf wenige Ausnahmen wird Wolfram jedoch in Form von porenfreiem Halbzeug in der Lichtquellenindustrie eingesetzt. Die Umformung der Sinterkörper erfolgt nach bekannten Formgebungsverfahren wie Schmieden, Walzen, Hämmern und Ziehen bei erhöhten Verformungstemperaturen. Korngröße des Sinterkörpers, Restporosität sowie Anteil und Verteilung zweiter Phasen bestimmen in Abhängigkeit vom verwendeten Verformungsverfahren und der Verformungstemperatur die Umformfähigkeit der Sinterkörper. Bei der Verarbeitung der Sinterkörper sind Verformungsgrad und Wärmebehandlungen so zu wählen, daß der gebrauchswertbestimmende Dispersionsgrad zweiter Phasen und die Gefügeausbildung der Wolframmatrix optimal eingestellt werden [9] [15].

Bild 3. Schmelzpunkte von Hochtemperaturwerkstoffen



Tafel 1. Physikalische Eigenschaften von Wolfram

1. Atomare Eigenschaften	
Ordnungszahl	74
Atommasse	183,85
Elektronenstruktur	$(Xe)4f^{14}5d^{5}6s^{1}$
Gittertyp	A 2 (krz)
Gitterparameter	0,31648 nm
Atomradius	0,139 nm
Ionisationspotential	8,0 eV
2. Thermische Eigenschaften	
Schmelztemperatur	3687 ± 10 K
Siedetemperatur	6173 K
Bindungsenergie	800 kJ/g-Atom
Wärmekapazität bei 293 K	24,28 J/g-Atom · K
Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient	$5{,}0 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$
Wärmeleitfähigkeit bei 293 K	130 W/m · K
Dampfdruck ($2 \cdot 10^{-2}$ Pa) bei	3077 K
3. Elektrische und magnetische Eigenschaften	
Elektrische Leitfähigkeit	$0{,}20 \cdot 10^{-4}\ \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$
Magnetische Suszeptibilität	$0{,}32 \cdot 10^{-6}$ cm³/g
Hallkonstante	10,55 cm³/A · s
Sprungtemperatur/Supraleitung	0,016 K
4. Optische und Emissionseigenschaften	
Schwarze Temperatur bei 1000 K ($\lambda = 665$ nm)	966 K
Spektralemission bei 300 K ($\lambda = 665$ nm)	0,47
Gesamtstrahlung bei 2600 K	80,60 W/cm²
Elektronenaustrittsarbeit	4,54 eV
Elektronenemission	
bei 1000 K	$1{,}07 \cdot 10^{-16}$ A/cm²
1900 K	$2{,}28 \cdot 10^{-4}$ A/cm²
2500 K	$2{,}98 \cdot 10^{-1}$ A/cm²
Elektronenausbeute	
bei 1000 K	$1{,}77 \cdot 10^{-16}$ A/W
1900 K	$1{,}22 \cdot 10^{-6}$ A/W
2500 K	$4{,}26 \cdot 10^{-3}$ A/W
5. Weitere Eigenschaften	
Dichte bei 293 K	19,254 g/cm³
Elastizitätsmodul	$40 \cdot 10^{4}$ MPa
Schubmodul	$15{,}2 \cdot 10^{4}$ MPa
Poissonzahl	0,284

3. Eigenschaften von Wolfram

Die herausragenden Eigenschaften des Wolframs unter den Werkstoffen sind durch die Wechselbeziehungen zwischen Bindungsenergie, Atomradius, Kristallstruktur und Elektronenkonfiguration bedingt [16]. Bild 3 zeigt, daß Wolfram als höchstschmelzendes Metall nur noch vom Element Kohlenstoff und den metallischen Monokarbiden des Niobs, Zirkoniums, Tantals und Hafniums übertroffen wird. Die teilweise einzigartigen physikalischen Eigenschaften resultieren aus einem kovalenten Bindungsbeitrag der d-Elektronen, der in der Nebengruppe VIA bedingt durch einen günstigen Energiezustand des mit 5 Elektronen gerade halbbesetzten d-Orbitals maximal ist.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten physikalischen Eigenschaften des Wolframs zeigt Tafel 1. Diese für die Verwendung in der Lichtquellenindustrie als notwendig zu betrachtenden Eigenschaften müssen durch sogenannte hinreichende Eigenschaften wie hohe Reinheit, Duktilität und entsprechende Hochtemperaturkriechfestigkeit ergänzt werden [1].

Die Reinheitsforderungen sind prinzipiell durch die pulvermetallurgische Technologie über die Auswahl eines hochreinen Ausgangsmaterials sowie die sorgfältige Einhaltung der technologischen Parameter zu gewährleisten. Die Hochtemperaturkriechfestigkeit ist bei gedoptem Wolfram über das durch den Kalium-Gasblaseneffekt steuerbare Rekristallisationsgefüge aus langen, sich überlappenden Kristallen mit Korngrenzen, die nahezu parallel zur Drahtachse verlaufen, zu optimieren [9] [10] [15].

3.1. Mechanische Eigenschaften

Wolfram ist im gesinterten oder geschmolzenen Zustand bei Raumtemperatur spröde. Der Übergang in den duktilen Zustand bei erhöhter Temperatur ist stark von Art und Verteilung der Verunreinigungen im Wolfram abhängig. Besonders negativ wirken die in nur geringen Mengen (< 1 g/t) interstitiell löslichen Elemente Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff [17]. Durch Erhöhung des Verformungsgrades, der die Verteilung der Korngrenzenausscheidungen beein-

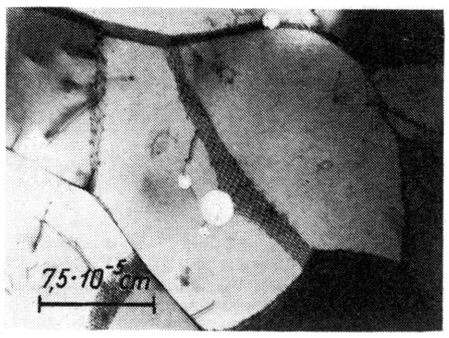


Bild 4. Wechselwirkung zwischen Versetzungsnetzwerken und Gasblasen in gedoptem Wolfram, TEM-Abbildung, $V = 32050:1$

flußt, wird die Duktilität erhöht. Legierungszusätze von Rhenium führen zu einer Absenkung der Übergangstemperatur [14].
Die geringe Löslichkeit der interstitiellen Verunreinigungen führt außerdem zu starker Anisotropie der mechanischen Eigenschaften, wodurch Probleme der Spaltneigung hervorgerufen werden [17].

3.2. Metallkundliche Eigenschaften

Die metallkundlichen Eigenschaften von Wolfram und damit das Gebrauchswertverhalten in Lichtquellen werden neben den Matrixeigenschaften entscheidend durch Art und Dispersionsgrad zweiter Phasen bestimmt. Die für das Gebrauchswertverhalten gedopter Wolframdrähte in Temperaturstrahlern notwendigen Rekristallisations- und Kriecheigenschaften werden beispielsweise dominierend durch die Wechselwirkungen zwischen Versetzungen und Kalium-Gasblasen gesteuert [15]. Bild 4 zeigt als Beispiel für derartige Wechselwirkungen die Verankerung von Versetzungsnetzwerken durch Gasblasen.

3.2.1. Rekristallisationseigenschaften

Ungedoptes Wolfram rekristallisiert je nach Verunreinigungsgehalt und Verformungsgrad im Temperaturbereich zwischen 1070 und 1670 K durch reguläre Keimbildung und Keimwachstum zu äquiaxialen, polygonen Körnern. Bei gedoptem Wolfram tritt ein zweistufiger Ausheilprozeß auf:

1. Stufe — Kontinuierliche Rekristallisation, die mit der Kinetik der Gasblasenbildung und des Gasblasenwachstums gekoppelt ist [9].
2. Stufe — Sekundäre, inhibitionsbedingte Rekristallisation, die durch die rücktreibenden Kräfte der Gasblasendispersion gesteuert wird [9] [15].

Beide Ausheilprozesse werden stark durch die mittlere Gasblasengröße und den Gasblasenanteil beeinflußt. Die Gasblasen entstehen bei der Sinterung gedopter Wolframpulver und werden nachfolgend mit der Wolframmatrix verformt. Sintergasblasenparameter, Wärmebehandlungen und Verformungsgrad bestimmen den erreichbaren Dispersionsgrad der Gasblasen. Im Bild 5 ist die Verformungsgradabhängigkeit der Gasblasenparameter grafisch dargestellt. Bild 6 zeigt eine typische elektronenmikroskopische Aufnahme der anisotropen Gasblasenverteilung in gedopten Wolframdrähten.

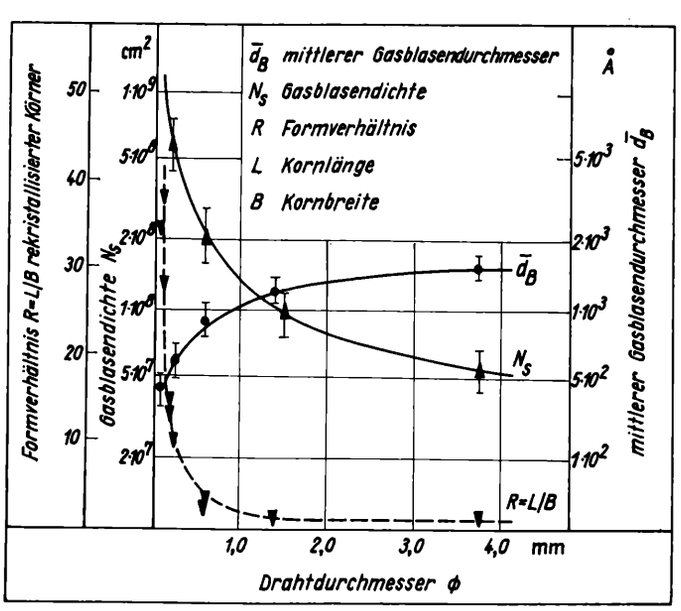


Bild 5. Abhängigkeit der mittleren Gasblasengröße d_B, der Gasblasendichte N_S und des Formverhältnisses $R = L/B$ rekristallisierter Körner vom Verformungsgrad

Bild 7 stellt die Abhängigkeit der sekundären Rekristallisationstemperatur vom reziproken Gasblasendurchmesser dar.
Ähnlich wie gedoptes Wolfram verhält sich auch dispersionsgehärtetes Wolfram mit harten Teilchen (ThO_2, ZrO_2). Aufgrund der geringen Verformbarkeit der harten Teilchen können in dieser Werkstoffgruppe allerdings Störungen des Rekristallisationsablaufs auftreten, die auf die inhomogene Verformungsverteilung in der Umgebung harter Teilchen zurückzuführen sind [18].

3.2.2. Hochtemperaturkriecheigenschaften

Für das Lebensdauerverhalten von Temperaturstrahlern ist die zeit- und temperaturabhängige Verformung des Leuchtkörpers unter Wirkung seines Eigengewichts von ausschlaggebender Bedeutung. Der dominierende Kriechmechanismus ist das Diffusionskriechen [19]. Die hohe Kriechfestigkeit gedopter Wolframdrähte ist auf einen indirekten und einen direkten Gasblasenbeitrag zurückzuführen [20].

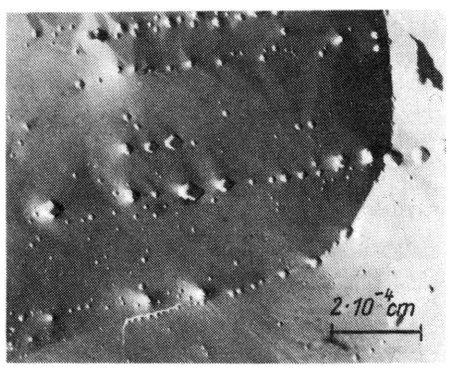
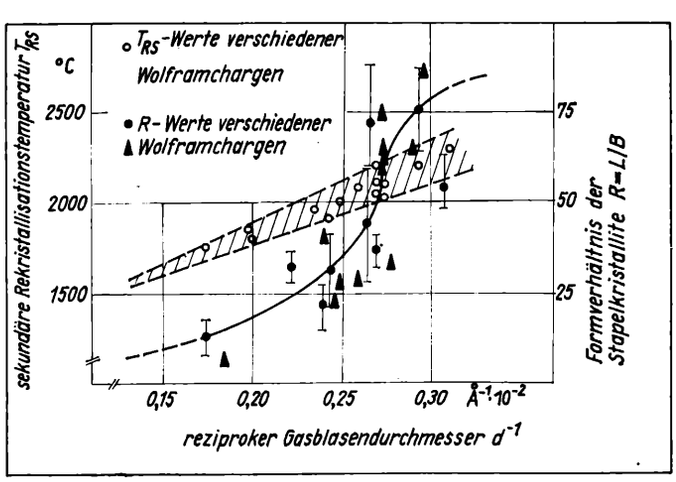


Bild 6. Anisotrope Gasblasenverteilung in rekristallisierten gedoptem Wolfram, C-Pt-Replicatechnik, $V = 10000:1$

Der indirekte Gasblasenbeitrag beruht auf der Gefügesteuerung bei der Rekristallisation durch die anisotrope Gasblasenverteilung [9]. Bild 8 zeigt als Beispiel die Verringerung der Kriechgeschwindigkeit rekristallisierter Wolframwendeln als Funktion der Gefügeanisotropie [20].
Der direkte Gasblasenbeitrag wird durch die Wechselwirkung zwischen Gasblasen und Versetzungen verursacht. In Abhängigkeit von der auftretenden Gasblasengröße und dem Spannungssystem des Leuchtkörpers können Schneid- und/oder Kletterprozesse der Versetzungen auftreten, die zu einer Verringerung der Kriechgeschwindigkeit führen [20]. Mit diesem Modell kann die experimentell beobachtete Abhängigkeit der Kriechgeschwindigkeit von Spannung und Korngröße sowie die hohe Aktivierungsenthalpie des Kriechprozesses erklärt werden.
Neben dem positiven Einfluß auf die Kriechfestigkeit bewirken die Gasblasen jedoch auch negative Auswirkungen. Für ein gegebenes Spannungssystem existiert eine kritische Gasblasengröße [20] [21], oberhalb dieser Gasblasengröße treten spannungsinduzierte Wachstums- und Koaleszenzvorgänge der Gasblasen auf, die zum Ausfall des Leuchtkörpers führen [20] [22]. Ein Beispiel für derartige span-

Bild 7. Abhängigkeit der sekundären Rekristallisationstemperatur und des Formverhältnisses $R = L/B$ gedopter Wolframdrähte vom reziproken Gasblasendurchmesser d



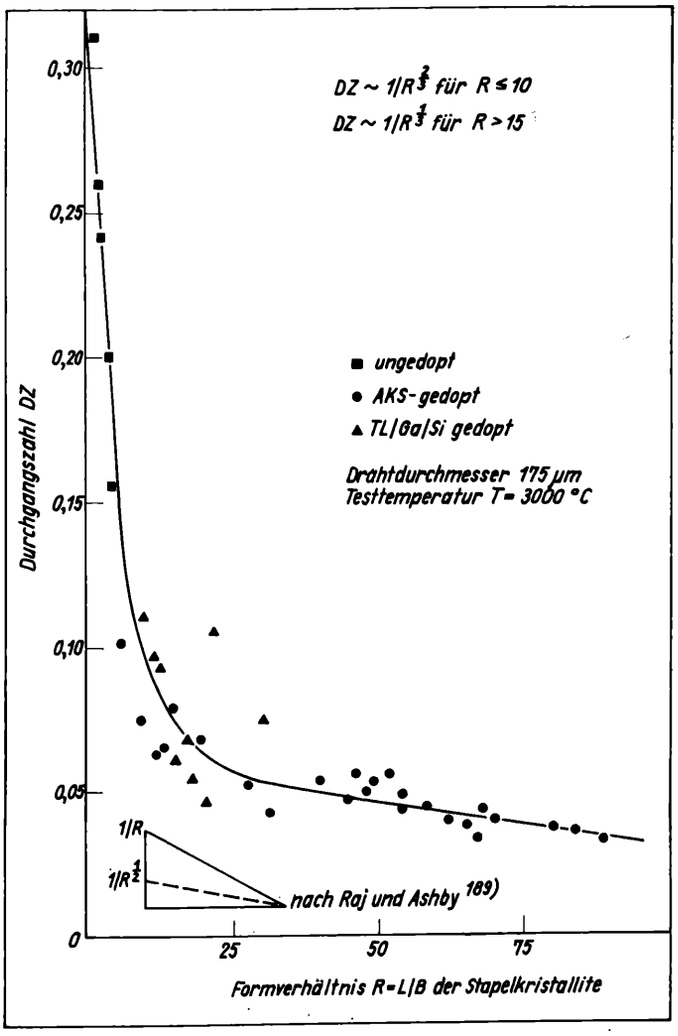


Bild 8. Abhängigkeit des Durchgangs rekristallisierter Wolframdrähte vom Formverhältnis $R = L/B$ rekristallisierter Körner

nungsinduzierte, zweidimensionale Wachstumsvorgänge der Gasblasen auf Korngrenzenflächen ist im Bild 9 gezeigt. Diese Wachstumsvorgänge führen zur makroskopischen Hohlraumbildung und damit zur lokalen Temperaturerhöhung des Leuchtkörpers [20] [23], die eine erhöhte Verdampfungsgeschwindigkeit zur Folge hat. Die Geschwindigkeit des Vorgangs bis zum Erreichen der kritischen Gasblasengröße ist diffusionskontrolliert, so daß der Gasblaseneffekt einerseits notwendige Bedingung für den Einsatz von Wolframleuchtkörpern bei hohen Temperaturen, andererseits aber auch gleichzeitig eine werkstoffbedingte Grenze für den Einsatz von Wolframleuchtkörpern in Temperaturstrahlern darstellt [20] [22] [23] [24].

4. Zusammenfassung und Ausblick

Auf der Grundlage eines Überblicks zur pulvermetallurgischen Herstellung von Wolfram für die Lichtquellenindustrie werden die notwendigen und hinreichenden Eigenschaften von Wolfram dargestellt, die für die Anwendung des Wolframs in Lichtquellen besonders relevant sind.

Insbesondere werden die metallkundlichen Eigenschaften von gedoptem Wolfram betrachtet, deren Herstellung infolge des notwendigen submikroskopischen Gefügeaufbaus nur auf pulvermetallurgischem Wege möglich ist. Das gewachsene metallphysikalische Verständnis der eigenschaftsbestimmenden Mechanismen in Lichtquellenwerkstoffen erfordert unter Berücksichtigung erforderlicher Rationalisierungseffekte eine immer bessere Beherrschung des pulvermetallurgischen Prozesses. Im Zusammenhang mit den gestiegenen Anwendungstemperaturen der Lichtquellenwerkstoffe kommt den werkstoffbedingten Ausfallmechanismen und Einsatzgrenzen des Wolframs eine wachsende Bedeutung zu.

Als Nahziel ergibt sich dabei die Gewinnung von möglichst eng tolerierten, einzuhaltenden notwendigen Prozeßbedingungen und Werkstoffparametern, um den Gebrauchswert der einzusetzenden Werkstoffe zu gewährleisten, während als Fernziel ein so weitgehendes Verständnis aller wesentlichen Teilvorgänge formuliert werden kann, daß eine rückkoppelnde Beeinflussung des pulvermetallurgischen Herstellungsprozesses und der metallkundlichen Eigenschaften möglich wird.

Bild 9. Spannungsinduziertes Hohlraumwachstum auf Korngrenzenflächen im tertiären Kriechstadium (T = 3470 K, σ = 7,85 MN · m^{-2}) und Übergang vom transkristallinen zum interkristallinen Bruch, C-Pt-Replicatechnik, V = 10000 : 1

Literatur

[1] *Schade, P.:* Pulvermetallurgie hochschmelzender Metalle. Vortrag „Pulvermetallurgie und Sintertechnik", TU Dresden, Gaußig, 1981

[2] *Millner, T.:* Über die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Erzeugung von metallischem Wolfram für die Vakuumtechnik und die Beeinflussung seiner Eigenschaften. Acta Techn. Sci. Acad. Hung. 17 (1957), 67

[3] *Spier, H. L.:* Influence of chemical additions on the reduction of tungsten oxides. Thesis, Technological University Eindhoven, 1961

[4] *Kuhlmann, H. H.:* Metallkundliche Probleme bei der Herstellung und Verarbeitung von Wolframdraht. Vortrag Metallfachabend München, DGM, 1974

[5] *Yamazaki, S.; Koseki, I.; Ogura, S.; Akiyama, R.:* Effect of doping additives on the formation of bubbles in tungsten. 8. Plansee-Seminar 1974, Reutte/Tirol, Preprint 7

[6] *Schade, P.; Staudt, J.:* Erforderliche Gebrauchseigenschaften des Wolframs für Temperaturstrahler und deren Erzeugung. Vortrag Problemseminar „Lichtquellen", Uckley, 1976

[7] *Lassner, E.:* Wolfram – vom Erzkonzentrat zum Metallpulver. Erzmetall 31 (1978) 9, 394

[8] *Heitzinger, F.:* Die Bedeutung und Verarbeitung von Wolfram und den technisch wichtigsten hochschmelzenden Metallen. Erzmetall 31 (1978) 9, 397

[9] *Schade, P.:* The effect of bubble parameters on the secondary recrystallization temperature of doped tungsten. Planseeber. Pulvermet. 24 (1976) 4, 243

[10] *Schade, P.:* Gasblasenhärtungseffekt beim Hochtemperaturkriechen von Wolfram. III. Konferenz „Metallkundliche Probleme der Werkstoffentwicklung", Freiberg, 1980

[11] *Eck, R.; Tiles, B.; Wagner, H.:* Herstellung und Eigenschaften von dotiertem Wolframdraht für das Vakuummetallisieren. Radex Rdsch. (1977) 2, 194

[12] *Schade, P.; Staudt, J.; Radloff, D.; Lunk, H.-J.:* Pulvermetallurgische Ursachen der Gasblasenentstehung in gedoptem Wolfram. Vortrag VI. Intern. P/M-Konferenz der DDR, Dresden, 1977

[13] *Eck, R.:* Pulvermetallurgie der hochschmelzenden Metalle. Metall 32 (1978) 7, 673

[14] *Staudt, J.:* Beitrag zur Herstellung und zum Sinterverhalten von Wolfram-Rhenium- und Wolfram-Rhenium-Thoriumoxid-Metallpulvern. Dissertation, TU Dresden, 1969

[15] *Schade, P.:* Über den Einfluß pulvermetallurischer Parameter auf die Gasblasenentstehung in gedoptem Wolfram sowie die Beeinflussung von Rekristallisation und thermischer Formstabilität durch Gasblasen. Dissertation, Bergakademie Freiberg, 1979

[16] *Frommeyer, G.:* Metallkunde hochschmelzender Metalle und Legierungen. Metall 32 (1978) 7, 693

[17] *Lugscheider, E.; Eck, R.; Ettmayer, P.:* Chrom, Molybdän, Wolfram und ihre Legierungen als Hochtemperatur- und Verschleißwerkstoffe. Radex Rdsch. (1983) 1/2, 52

[18] *Schade, P.; Staudt, J.:* Über die Beeinflussung der Rekristallisation von Wolfram durch disperse Teilchen. Vortrag Intern. Reinststoff – Symposium, Dresden, 1970

[19] *Raj, R.; Ashby, M. F.:* Grain boundary sliding, and the effects of particles on its rate. Metallurg. Trans. 3 (1972), 1937

[20] *Schade, P.:* Über den Einfluß von Gasblasen auf das Hochtemperaturkriechen gedopter Wolframdrähte. High Temperatures – High Pressures 15 (1983), 587

[21] *Stiegler, J. O.:* A study of the formation of creep cavities in powder metallurgy tungsten. Thesis, University of Tennessee, 1971

[22] *Duggan, G. L.; Waymouth, J. F.; Passmore, E. M.; Craig, R. F.:* Effects of oxygen and carbon on sag in tungsten filaments. Vortrag „High Temperature Materials Chemistry", Denver, 1981

[23] *Garbe, S.; Hanloh, S.:* Growth of potassium-filled bubbles in doped tungsten and its relation to hot spot development and intergranular fracture. Philips J. Res. 38 (1982), 248

[24] *Greenwood, G. W.:* The coarsening of intergranular bubbles containing sparingly soluble monatomic gas. Phil. Mag. 31 (1975), 673

EA 5504

Einsatz von Metalljodiden als Leuchtzusätze in Hochdruckentladungslampen

R. Schneider; W. Plamann; Berlin

Die Entwicklung neuer Lampen für die Allgemeinbeleuchtung zielt besonders auf einen energiesparenden Betrieb und gute Farbwiedergabe. Für die Fernsehtechnik, die Medizin und die Industrie werden Strahler, die in einem bestimmten Spektralbereich emittieren, benötigt. Hochdruckentladungslampen mit Leuchtzusätzen bieten gute Voraussetzungen zur Erfüllung dieser Bedingungen.

1. Grundlagen

Hochdruckentladungslampen bestehen aus einem Entladungsgefäß aus Kieselglas bzw. Aluminiumoxid, in dem die Elektroden vakuumdicht eingearbeitet sind. Entsprechend dem verwendeten Gas im Entladungsgefäß unterscheidet man:

- Quecksilberdampfhochdrucklampen
- Xenonlampen
- Natriumdampfhochdrucklampen
- Halogen-Metalldampflampen.

Die Lichterzeugung erfolgt in diesen Lampen durch die Bogenentladung. Die Wolframelektroden emittieren Elektronen und heben die Elektronen des Füllgases auf höhere Energieniveaus, die unter Emission von Strahlung (Licht) wieder verlassen werden. Die Wellenlänge der erzeugten Strahlung ist abhängig vom eingesetzten Füllgas.

Die ersten angewandten Hochdrucklampen waren Quecksilberentladungslampen, die sich durch eine hohe Lichtausbeute (Tafel 1) und eine lange Lebensdauer auszeichnen. Sie finden heute kaum noch Anwendung wegen ihrer schlechten Farbwiedergabe, die sich aus dem Linienspektrum der Quecksilberentladung ergibt, da nur sichtbares Licht im Bereich bis zu 580 nm emittiert wird.

Die fehlenden Teile des Spektrums im roten Gebiet über 600 nm können zum Beispiel durch Anwendung einer Leuchtstoffschicht, die die ultraviolette Strahlung des Quecksilberdampfes in Licht mit einer Wellenlänge > 600 nm transformiert, ersetzt werden. Die sich damit ergebende spektrale Energieverteilung ist im Bild 1 dargestellt [1]. Bei gleicher Lichtausbeute weisen diese Lampen eine verbesserte Farbwiedergabe auf (Tafel 1). Sie sind für die Außenbeleuchtung (Straßen, Rangierbahnhöfe) sowie für die Allgemeinbeleuchtung in speziellen Innenräumen (Montagehallen) nutzbar. Bei höheren Ansprüchen an die Farbwiedergabe im gesamten Spektralbereich genügen diese Lampen noch nicht.

Natriumdampfhochdrucklampen wurden eingeführt, als mit einer speziellen Aluminiumoxidkeramik ein Brennermaterial gefunden wurde, das gegenüber den aggressiven Alkalimetallen auch bei hohen Temperaturen chemisch resistent ist.

Die Lampen enthalten Natrium und Quecksilber, in Form von Natriumamalgam, und Argon als Zündgas. Ein besonderer Vorteil dieser Lampen ist die sehr hohe Lichtausbeute (Tafel 1) und die lange Lebensdauer. Natriumdampfhochdrucklampen weisen gegenüber den Quecksilberdampflampen keine Verbesserung der Farbwiedergabe auf. Die gelbe Farbe des Lichtes wird vom Betrachter aber als angenehm empfunden (Anwendung: Straßenbeleuchtung u.a.). Bild 2 zeigt die spektrale Strahldichteverteilung der Natriumlampe.

2. Einsatz von Metallhalogeniden

Eine entscheidende Verbesserung der lichttechnischen Eigenschaften von Hochdrucklampen wurde durch den Einsatz von Metallhalogeniden in der Entladung erreicht.

Die Metalle selbst können als Strahlungserzeuger kaum wirksam werden, da sie einen zu geringen Dampfdruck haben oder bei hohen Temperaturen chemisch sehr aktiv sind und die Gefäßwand aus Kieselglas angreifen. Die Halogenide sind verglichen mit den Metallen chemisch wesentlich weniger aggressiv bzw. auch leichter verdampfbar.

Bei entsprechender Temperatur im Entladungsgefäß verdampft das Metallhalogenid und dissoziiert. Die Metallatome werden im Entladungsbereich zur Strahlung angeregt. Gelangen die Atome in den kälteren Bereich des Brenners (Nähe der Kieselglaswand) rekombinieren sie wieder zum Halogenid.

An die eingesetzten Leuchtzusätze werden folgende Anforderungen gestellt:

- Es muß eine Strahlungsemission in bestimmten interessierenden Spektralbereichen gewährleistet sein.
- Die Metalle sollten in der Quecksilberentladung leicht anregbar sein.
- Die Verbindungen müssen bei den zulässigen Wandtemperaturen ausreichend verdampft sein, um eine hohe Strahlungsausbeute zu erreichen.
- Die verwendeten Zusätze dürfen weder als Verbindung noch im verdampften Zustand mit der Quarzwand bzw. mit dem Elektrodenmaterial irreversible Reaktionen eingehen, die in jedem Fall zu einer Verminderung der Lebensdauer der Lampen führen würde.

Diesen Forderungen entsprechen vor allen Dingen die Metallhalogenide, speziell die Metalljodide.

Da mehrere verschiedene Jodide gleichzeitig in einem Brenner verwendet werden können, sind die verschiedensten Spektralverteilungen realisierbar. Außerdem kann eine Erhöhung des Partialdruckes schwerer verdampfbarer Zusätze durch Komplexbildung zwischen den Jodiden erreicht (z. B. $CeJ_3 \cdot CsJ$, $NaJ \cdot SnJ_2$) und somit eine höhere Strahlungsausbeute erzielt werden. Halogen-Metalldampflampen werden mit dem entsprechenden Jodid bzw. Jodidgemisch, Quecksilber und Argon gefüllt. Als Entladungsgefäß dient ein Kieselglasgefäß. Diese Lampen zeichnen sich durch eine gute Farbwiedergabe und eine hohe Lichtausbeute aus:

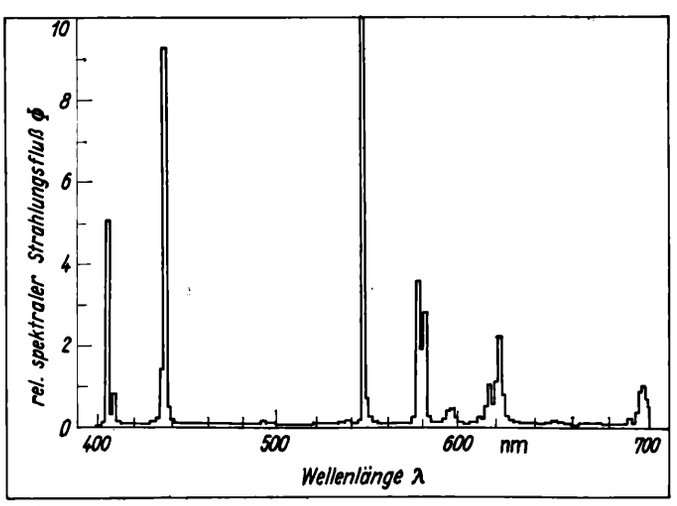
Allerdings ist die Lebensdauer der Halogen-Metalldampflampen gegenüber der Quecksilber- bzw. Natriumdampfhochdrucklampe verringert, da durch die Anwesenheit der Jodide unerwünschte Reaktionen mit den Elektroden bzw. mit der Kieselglaswand auftreten

Tafel 1. Lichtausbeute und allgemeiner Farbwiedergabeindex R_a verschiedener Lichtquellen

Lichtquelle	Lichtausbeute[1]) (lm W^{-1})	Allgemeiner Farbwiedergabeindex R_a
Glühlampe	10	
Quecksilberhochdrucklampe ohne Leuchtstoff	50	22
Quecksilberhochdrucklampe mit Leuchtstoff	52	50
Natriumdampfhochdrucklampe	110	23
Halogen-Metalldampflampe mit		
NaJ/TlJ/InJ	80	65
CeJ_3/CsJ/NaJ	75	78
SnJ_2/$SnBr_2$	60	91

[1]) Die Angaben für Entladungslampen beziehen sich auf Lampen mit 400 W Leistungsaufnahme.

Bild 1. Spektrale Energieverteilung einer Quecksilberdampfhochdrucklampe mit Leuchtstoff



Dipl.-Chem. *Regina Schneider* ist wiss. Mitarbeiterin, Dr. rer. nat. *Willi Plamann* ist Gruppenleiter im Forschungszentrum des Berliner Glühlampenwerks im VEB Kombinat NARVA „Rosa Luxemburg".

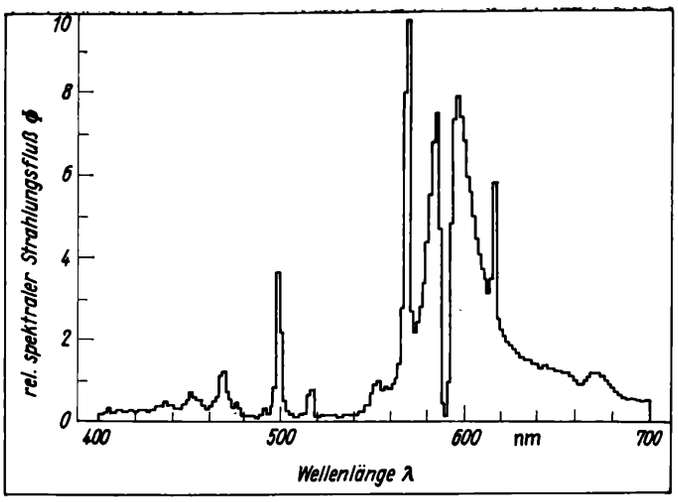


Bild 2. Spektrale Energieverteilung einer Natriumdampfhochdrucklampe

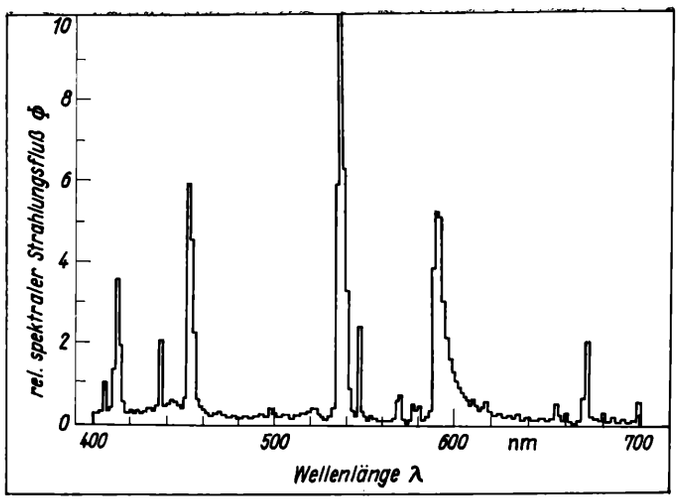


Bild 3. Spektrale Energieverteilung einer Halogen-Metalldampflampe (Leuchtsystem: Hg/NaJ/TlJ/InJ)

können, die zur Schwärzung der Wand bzw. zur Kristallisation des Kieselglases führen.

Die Anforderungen, die an Lampen für die Allgemeinbeleuchtung bezüglich der Lichtausbeute und der Farbwiedergabe gestellt werden, erfüllt ein Gemisch aus Natriumjodid (NaJ), Thalliumjodid (TlJ) und Indiumjodid (InJ) als Leuchtzusatz recht gut (Tafel 1). NaJ und TlJ sorgen dabei für eine hohe Lichtausbeute und InJ bewirkt eine gute Farbwiedergabe.

Die spektrale Energieverteilung ist im Bild 3 dargestellt. Elemente, wie zum Beispiel Lithium, Natrium, Thallium, Indium, Gallium emittieren wenige, aber intensive Spektrallinien. Für eine gute bis sehr gute Farbwiedergabe ist es notwendig, daß Spektrallinien über das gesamte Spektrum verteilt sind. Beim Einsatz von Jodiden der oben genannten Elemente kann nur ein Gemisch verschiedener Leuchtzusätze gute Ergebnisse bringen. Wir unterscheiden demgegenüber Elemente, deren Spektrallinien sich über das gesamte Spektrum verteilen. Es handelt sich hierbei um Viellinienspektren oder quasikontinuierliche Spektren. Prädestiniert sind dafür die seltenen Erdmetalle. Anwendung findet z. B. ein Gemisch von Cerjodid (CeJ_3), Cäsiumjodid (CsJ) und Natriumjodid (NaJ). Die Farbwiedergabe ist bei diesem Leuchtsystem gut (Tafel 1).

Bild 4 zeigt die spektrale Energieverteilung.

Eine dritte Möglichkeit ist die Erzeugung einer überwiegend kontinuierlichen Strahlung über das gesamte sichtbare Spektrum hinweg. Dieser Fall tritt beim Einsatz von Zinnhalogeniden in der Entladung auf. Diese Strahler weisen die beste Farbwiedergabe auf, sind aber hinsichtlich ihrer Lichtausbeute anderen Strahlern unterlegen (Tafel 1).

Die spektrale Energieverteilung ist im Bild 5 dargestellt.

3. Spezielle Anwendungen

Auf Grund der Möglichkeiten der Optimierung der Farbparameter und der hohen Lichtausbeute sind Halogen-Metalldampflampen nicht nur für die Allgemeinbeleuchtung geeignet, sondern für viele spezielle Anwendungen prädestiniert.

Weitere Verbreitung finden sie in der Farbfernseh-Aufnahmetechnik. Das bereits erwähnte Gemisch von NaJ/TlJ/InJ wird durch Lithiumjodid (LiJ) ergänzt und zeigt dann verbesserte Farbwiedergabeeigenschaften ($R_a \geqq 70$). Diese Lampen sind für Farbfernsehaufnahmen geeignet. Für elektronische Trickverfahren (Blauwand- bzw. Grünwandverfahren) werden Hochdrucklampen mit Indium- bzw. Thalliumjodidzusatz benutzt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ergibt sich in der Medizin bei der Bestrahlung ikterischer Säuglinge (Säuglingsgelbsucht) mit Blaustrahlern. Indiumjodid bzw. Indiumjodid/Galliumjodid finden hier als Leuchtzusatz Anwendung.

Genutzt werden diese Lampen auch als UV-Strahler z. B. zur Lackhärtung und für Kopierzwecke, Hochdrucklampen mit Leuchtzusätzen finden außerdem in der Mikroelektronik zur Bestrahlung UV-empfindlicher Fotolacke Anwendung. Man verwendet hier Gemische von Thalliumjodid, Indiumjodid und Galliumjodid in solchen Dosierungen, daß die Emission im UV begünstigt wird.

Eng verwandt mit den Hochdrucklampen sind die Quecksilberhöchstdrucklampen oder Kurzbogenlampen. Diese funktionieren nach dem gleichen Wirkungsprinzip wie Hochdrucklampen, verfügen aber auf Grund der kleinen Geometrie und des hohen Druckes über sehr hohe Leuchtdichten. Sie zeichnen sich durch hohe Lichtausbeuten aus. Allerdings ist ihre Lebensdauer gegenüber Hochdrucklampen stark verringert. Auf Grund der hohen Leuchtdichte können Höchstdrucklampen vorzugsweise als punktförmige Lichtquellen im wissenschaftlichen Gerätebau, speziell in der Optik, eingesetzt werden.

Auch die Kurzbogenlampen können zusätzlich zum Quecksilber Metalljodide im Entladungsgefäß aus Kieselglas enthalten. So kann auch hier eine Optimierung der Farbparameter erreicht werden. Anwendung findet zum Beispiel ein Leuchtsystem, bestehend aus

Bild 4. Spektrale Energieverteilung einer Halogen-Metalldampflampe (Leuchtsystem: $Hg/CeJ_3/CsJ/NaJ$)

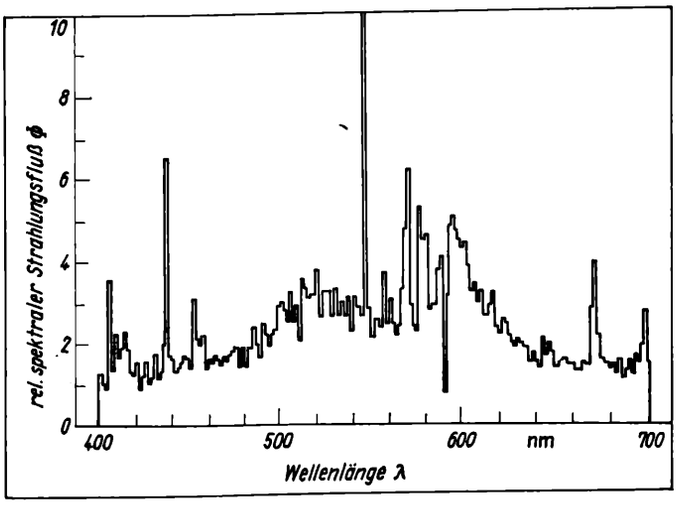
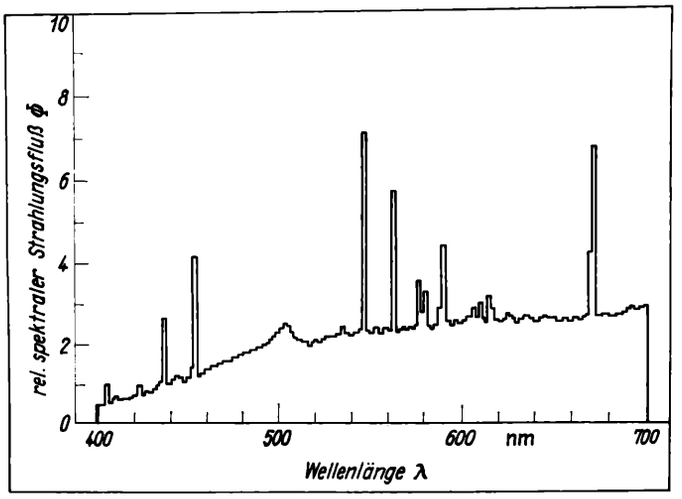


Bild 5. Spektrale Energieverteilung einer Halogen-Metalldampflampe (Leuchtsystem: $Hg/SnJ_2/SnBr_2$)



Natriumjodid, Lithiumjodid, Galliumjodid und Thalliumjodid in Lampen für die Mikroskopie. Zinnhalogenid-Kurzbogenlampen werden als Scheinwerfer für Film- und Farbfernsehaufnahmen eingesetzt.

4. Reinheitsanforderungen an die verwendeten Metallhalogenide

Verunreinigungen durch andere Metalle haben in den Mengen, in denen sie in handelsüblichen Präparaten vorhanden sind, zumeist keinen negativen Einfluß. Spuren von Sauerstoff oder Feuchtigkeit sind dagegen äußerst schädlich. Sauerstoff und auch Wasser reagieren im Zusammenwirken mit dem vorhandenen Jod mit dem Wolfram der Elektroden zu Oxyjodiden und verursachen damit eine schnellere Abtragung derselben. Stellvertretend für eine Vielzahl von möglichen Reaktionen seien hier nur genannt:

$$W + O + J_2 \rightleftarrows WOJ_2 \quad (1)$$

$$W + H_2O + J_2 \rightleftarrows WOJ_2 + H_2. \quad (2)$$

Da es sich, wie in den Gleichungen angedeutet, um chemische Gleichgewichtsreaktionen handelt, können bereits geringste Mengen zur Ausbildung von Kreisprozessen führen, d.h. Abtragung des Wolframs von den heißen Elektroden einerseits, Ablagerung von metallischem Wolfram an der kühleren Brennerwandung andererseits. Der sich gemäß Gl. (2) bildende Wasserstoff wirkt sich außerdem störend auf das Zündverhalten der Lampen aus. Da er beim Betrieb der Lampen leicht durch die heiße Kieselglaswandung des Brenners diffundiert, muß man durch geeignete Gettermaterialien im Außenkolben dafür sorgen, daß er dort gebunden und somit aus dem Entladungsgas entfernt wird.
Sind Natrium- oder Lithiumjodid im Entladungsgefäß vorhanden, und dies ist meistens der Fall, so kann sich durch Reaktion mit Sauerstoff oder Wasser auch Natriumoxid bzw. Lithiumoxid bilden, z.B.:

$$2\,NaJ + O \rightarrow Na_2O + J_2 \quad (3)$$

$$2\,NaJ + H_2O \rightarrow Na_2O + H_2 + J_2. \quad (4)$$

Die Alkalioxide reagieren leicht mit der heißen Kieselglaswandung und begünstigen eine Kristallisation des Kieselglases, die schließlich zur Zerstörung des Brenners führt.
Wenig Schwierigkeiten beim Ausschließen von Sauerstoff und Feuchtigkeit bereiten die Jodide des Thalliums (TlJ), Indiums (InJ) und Zinns (SnI_2). Es sind verhältnismäßig stabile Verbindungen, die in der notwendigen Reinheit lieferbar oder aber durch Elementarsynthese aus hochreinen Ausgangsstoffen darstellbar sind. Nach einer abschließenden Destillation im Hochvakuum sind die Jodide für den Einsatz in Halogen-Metalldampflampen geeignet.
Die Jodide des Natriums und des Lithiums sind hygroskopisch und zumeist nur als Hydrate (kristallwasserhaltig) erhältlich (z.B. $NaJ \cdot 2\,H_2O$, $LiJ \cdot 1/2\,H_2O$). Sie dürfen auf keinen Fall freies Alkali (NaOH, LiOH) oder Karbonatspuren enthalten. Das Kristallwasser muß durch eine schonende thermische Behandlung im Vakuum, häufig in mehreren Stufen, entfernt werden. Eine abschließende Destillation im Hochvakuum in Kieselglasgefäßen sorgt auch hier für die notwendige Reinheit.
Noch stärker hygroskopisch sind die Jodide des Galliums und der Seltenerdmetalle. Ökonomisch darstellbar sind sie daher nur durch Elementarsynthese. Sie haben die Eigenschaft, sich beim Erwärmen in Gegenwart von Wasserspuren irreversibel zu Oxyjodiden umzusetzen, z.B.

$$GaJ_3 + H_2O \rightarrow GaOJ + 2\,HJ. \quad (5)$$

Wegen ihrer sehr großen Hygroskopizität sind die Jodide des Galliums und ebenso der Seltenerdmetalle schwierig zu handhaben. Ihre Verarbeitung und Dosierung kann nur in extrem trockener Inertgasatmosphäre erfolgen. Oder man zieht es vor, die Jodide erst im Entladungsgefäß aus Metall und Quecksilberjodid entstehen zu lassen. Auch Natriumjodid und Lithiumjodid bzw. Gemische dieser Jodide mit anderen, können nur in trockener Inertgasatmosphäre verarbeitet werden. Jedoch ist es durchaus möglich, diese Jodide in eine Form zu bringen, die eine Fließreihenfertigung von Halogen-Metalldampflampen dieses Typs gestatten. Bei der Verwendung von Jodiden der Seltenerdmetalle ist dies ungleich schwieriger.
Allerdings haben Halogen-Metalldampflampen mit NaJ und LiJ die negative Eigenschaft, daß während des Betriebes der Lampe sowohl Na- als auch Li-Ionen durch die heiße Kieselglaswandung aus dem Brennerinneren abwandern und dort einen Überschuß an freiem Jod hinterlassen. Dies führt zu einer Erhöhung der Lampenspannung, die proportional dem Verlust an Na bzw. Li ist. Durch geeignete Maßnahmen kann man zwar die Abwanderung vermindern, letztlich führt jedoch der Anstieg der Lampenspannung zur Instabilität der Entladung und damit zur Begrenzung der Lebensdauer der Lampe. Überhaupt spielt die Qualität des verwendeten Kieselglases eine nicht unwesentliche Rolle. Verunreinigungen, insbesondere leicht abgebbare Gase, können die größten Bemühungen bei der Reindarstellung der Jodide zunichte machen.

5. Zusammenfassung

Die spektrale Energieverteilung von Halogen-Metalldampflampen ist sowohl im sichtbaren als auch im ultravioletten Gebiet durch die Verwendung verschiedener Halogenide und die Variation der eingesetzten Mengen in weiteren Grenzen manipulierbar. Dadurch können diese Lampen dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt werden. Die geschilderten unterschiedlichen Eigenschaften der Halogenide und ihrer Komponenten in der Entladung erschweren jedoch eine Stabilisierung über lange Lebensdauern.

Literatur

[1] *Rutscher, A.* (Hrsg.): Wissensspeicher Plasmatechnik. 1. Auflage. Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1983, S. 177 – 181

EA 5507

Wissenschaftlich-technische Informationen zum Fachgebiet rotierende elektrische Maschinen

für
- Leitungs- und Fachkader in Forschung und Entwicklung
- Erfinder und Neuerer
- Rationalisierungs- und MMM-Kollektive

Von der Leitstelle für wissenschaftlich-technische Information des VEB Kombinat Elektromaschinenbau werden in- und ausländische Publikationen permanent ausgewertet und die wichtigsten Informationen rechnergestützt aufbereitet. Auf dieser Basis werden die nachstehenden Informationsmittel herausgegeben:

Fachbibliographie „Rotierende elektrische Maschinen"
- Informationsziel:
  Monatlicher Nachweis des neuesten Schrifttums zum gesamten Fachgebiet
- Informationsträger:
  Mikrofiche A 6
- Preis:
  Jahresabonnement 420,– Mark

Selektive Informationsverbreitung (SIV)
- Informationsziel:
  Monatlicher Nachweis des neuesten Schrifttums eines ausgewählten Teilfachgebietes (z.B. für eine F/E-Aufgabe während der Bearbeitung)
- Informationsträger:
  Rechnerausdruck A4
- Preis:
  Jahresabonnement 840,– Mark

Retrospektive Recherche
- Informationsziel:
  Einmaliger Nachweis des im Informationsfonds gespeicherten Schrifttums eines ausgewählten Teilfachgebietes und Zeitraumes (z.B. für eine F/E-Aufgabe bei Beginn der Bearbeitung)
- Informationsträger:
  Rechnerausdruck A 4
- Preis:
  Gesonderte Berechnung, ausgehend von der Rechnerzeit

Anschrift für Besteller

VEB Kombinat Elektromaschinenbau
Stammbetrieb VEB Elektromaschinenbau Dresden
Leitstelle für wissenschaftlich-technische Information
8017 Dresden
Hennigsdorfer Str. 25

Die Redaktion

Ein neues Scheinwerferprogramm mit Halogenglühlampen

G. Steldinger, KDT; R. Goerke; Berlin

Der Einsatz moderner Lichtquellen mit einer höheren Lichtausbeute führt im Zusammenhang mit der Verwirklichung hoher Leuchtenwirkungsgrade durch leistungsstarke Scheinwerferoptik zu Geräten, die mit gleicher elektrischer Leistung beim Anwender höhere Beleuchtungsstärken realisieren. Bei der Entwicklung einer neuen Scheinwerfergeneration wurde besonderer Wert auf das Erreichen günstiger Lichtstärkeverteilungen gelegt.
Aus ökonomischen Gründen wurden universell einsetzbare Geräteserien entwickelt, die durch den Aufbau einheitlicher Grundgehäuse, gekoppelt mit variablen optischen Vorsätzen, gekennzeichnet sind. Das gesamte in den Leistungsgrößen von 500 W bis 2000 W neu entwickelte Scheinwerferprogramm wurde im Friedrichstadtpalast, Haus der sowjetischen Kultur und Wissenschaften, Deutschen Theater Berlin u.a. Einrichtungen bereits erfolgreich eingesetzt (Scheinwerferserien H 500, H 1000/1, H 2000 und die Verfolgungs- und Profilscheinwerfer 2 kW).

1. Scheinwerfertypen und deren Einordnung beim Anwender

1.1. Plankonvexlinsen- und Stufenlinsenscheinwerfer

Das System besteht jeweils aus einem Kugelspiegel, der Lampe sowie der Plankonvexlinse beim Plankonvexlinsenscheinwerfer und der Stufenlinse beim Stufenlinsenscheinwerfer.
Beide Scheinwerfertypen sind durch eine rotationssymmetrische Lichtstärkeverteilung gekennzeichnet. Der Winkel des Lichtkegels kann durch Variation des Lampenabstandes zur Linse über den verstellbaren Lampenschlitten stufenlos zum Flutlicht vergrößert oder zum Spot-Licht verkleinert werden.
Die jeweils gegebene Lichtstärkeverteilungskurve weist als Hauptparameter die Maximallichtstärke sowie den Halbstreuwinkel und den Zehntelstreuwinkel aus.
Der Halbstreuwinkel $\delta_{0,5}$ gibt den Winkel in der Lichtstärkeverteilung an, bei dem die Maximallichtstärke auf den halben Wert abgesunken ist. Der Zehntelstreuwinkel $\delta_{0,1}$ ist analog dem Lichtkegel mit dem zehnten Teil der Maximallichtstärke zugeordnet. Der Stufenlinsenscheinwerfer erzeugt durch die besondere Konstruktion der Stufenlinse ein weich auslaufendes Lichtfeld ohne Schlierenefekte. Er wird überall dort eingesetzt, wo es auf ein möglichst gleichmäßiges „weiches" Licht ankommt und wo z.B. die Überlagerung oder Aneinanderreihung mehrerer Lichtkegel ohne störende Übergänge erfolgen soll (Haupteinsatzgebiete: Fernsehen, Film).
Der Plankonvexlinsenscheinwerfer ist durch ein „hartes", nicht so homogenes Lichtfeld gekennzeichnet. Er eignet sich besonders für Akzentbeleuchtung, kann jedoch in defokussierter Stellung auch zur Flächenausleuchtung benutzt werden (Haupteinsatzbereich: Theater).

1.2. Verfolgungs- und Profilscheinwerfer

Verfolgungs- und Profilscheinwerfer sind Spezialscheinwerfer, bei denen gegenüber Plankonvexlinsen- und Stufenlinsenscheinwerfern eine optische Abbildung der Objektebene stattfindet. Die Objektebene wird durch Irisblenden, Vierfachblendenschieber oder beliebige Profileinschübe realisiert.
Wird ein scharf begrenztes Lichtfeld zum effektvollen Hervorheben benötigt, werden Verfolgungs- und Profilscheinwerfer eingesetzt, die optisch und mechanisch so ausgestattet sind, daß der Beleuchter schnell, ruckfrei und schwingungsarm mit dem veränderlichen Lichtkreis einem beweglichen Objekt folgen kann.

2. Halogenscheinwerferserie H 500

Die Scheinwerfer der Serie H 500 (Bilder 1 bis 3) verfügen über ein einheitliches, doppelwandiges Stahlblechgehäuse, in dem sich der Fokussiertrieb und die justierbare Lampenhalterung mit Spiegel befinden. Durch Zuordnung eines Plankonvexlinsenvorsatzes, eines Stufenlinsenvorsatzes oder eines Spotvorsatzes entstehen die Geräte

- H 500 P Plankonvexlinsenscheinwerfer,
- H 500 S Stufenlinsenscheinwerfer,
- H 500 V Verfolgungsscheinwerfer.

Lampenbestückung:
NARVA-Lampe HLWB 225 V/500 W, Sockel G 6,35, $L = 100$ h. Beim H 500 S und H 500 V ist auch der Einsatz folgender Lampen möglich:
- TUNGSRAM Typ 55040 in Sonderausführung, 220 V/650 W, $L = 75$ h, Sockel G 6,35
- PHILIPS PF 813, BVM P 1/13, 250 V/650 W, Sockel G 6,35.

Das hohe technische Niveau der Geräte ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:
- hohe Lichtstärke
- großer Fokussierbereich
- aus der Lampenart gegebener konstanter Lichtstrom und konstante Farbtemperatur über die Lebensdauer der Lampe
- günstiges Masse-Leistungs-Verhältnis
- sehr geringes indirektes Nebenlicht durch ein weitgehend geschlossenes Gehäuse
- geringe Außentemperaturen
- ansprechende Formgestaltung.

Weitere technische bzw. lichttechnische Parameter sind der Tafel 1 und den Bildern 4, 5 und 6 zu entnehmen.

3. Halogenscheinwerferserien H 1000/1 und H 2000

Typenvertreter dieser Gerätegruppe zeigen die Bilder 7 und 8. Beide Serien haben jeweils ein einheitliches Grundgehäuse, das wie beim H 500 als doppelwandige Stahlblechkonstruktion ausgeführt wurde. Ein lamellierter Boden und Deckel gewährleistet jeweils eine gute selbsttätige Entlüftung der Geräte.
Zur Realisierung eines schnellen Lampenwechsels und einer hohen Servicefreundlichkeit ist ein Scheinwerfereinschub entwickelt worden, der den gesamten Scheinwerferinnenteil trägt und mit wenigen Handgriffen herausziehbar ist.
Mit den entsprechenden Linsenvorsätzen für die beiden in der Größe unterschiedlichen Gehäuse für 1 kW und 2 kW sowie durch den Einsatz der bekannten Stangensteuertechnik ergeben sich für beide Serien folgende Scheinwerfertypen:

- 1000 W-Scheinwerfer
  - H 1000/1 P — Plankonvexlinsenscheinwerfer
  - H 1000/1 P-ST — Plankonvexlinsenscheinwerfer mit Stangensteuerung
  - 1000/1 S — Stufenlinsenscheinwerfer
  - H 1000/1 S-ST — Stufenlinsenscheinwerfer mit Stangensteuerung
- 2000 W-Scheinwerfer
  - H 2000 P — Plankonvexlinsenscheinwerfer
  - H 2000 P-ST — Plankonvexlinsenscheinwerfer mit Stangensteuerung
  - H 2000 S — Stufenlinsenscheinwerfer
  - H 2000 S-ST — Stufenlinsenscheinwerfer mit Stangensteuerung

Die Halterung der Geräte erfolgt mit dem Halter nach TGL 27450/44 oder mit dem Sockel nach TGL 27450/42. Die Geräte können also in hängender oder stehender Anordnung eingesetzt werden.
Die Geräte sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:
- hohe Lichtstärke
- großer Fokussierbereich
- aus der Lampenart gegebener konstanter Lichtstrom und konstante Farbtemperatur über die Lebensdauer der Lampe
- besondere Lichtdichtheit der Geräte und geringes indirektes Nebenlicht
- gute Servicefreundlichkeit durch Einschubtechnik
- Lampenjustierung auf maximale Lichtstärke im heißen Zustand von außen möglich
- ansprechende Formgestaltung.

Zur verschiedenartigen Begrenzung des rotationssymmetrischen Lichtkegels sind die Stufenlinsenscheinwerfer mit einer vierflügligen Torblende ausgerüstet, durch die das Licht nahezu nach allen Seiten begrenzt werden kann.

Lampenbestückung für Geräteserie H 1000/1:
TUNGSRAM Typ 54040, 220 V/1000 W; $\Phi = 26000$ lm; $L = 200$ h; Sockel GX 9,5; oder TUNGSRAM Typ 54050, 220 V/1000 W; $\Phi = 23000$ lm; $L = 750$ h; Sockel GX 9,5.
Ferner sind alle Halogenglühlampen anderer Hersteller mit Socke-

Ing. *Gerhard Steldinger* ist Abteilungsleiter in der Entwicklung elektrischer Leuchten, Dipl.-Ing. *Reinhard Goerke* ist Mitarbeiter für Forschung und Entwicklung im Berliner Glühlampenwerk des Kombinats VEB NARVA „Rosa Luxemburg".

Bild 1. Plankonvexlinsenscheinwerfer H 500 P

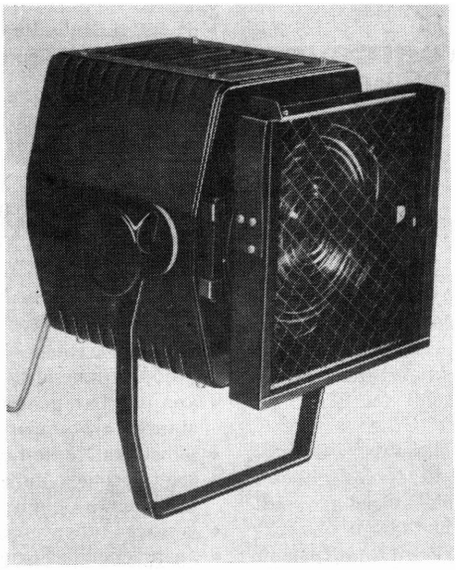


Bild 2. Stufenlinsenscheinwerfer H 500 S

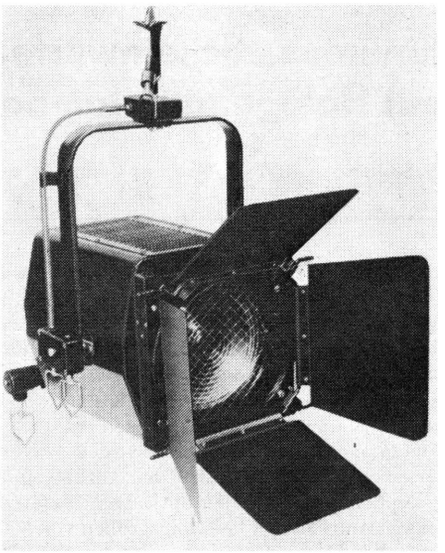


Bild 7. Stufenlinsenscheinwerfer mit Stangensteuerung H 1000/1 S-ST

Bild 3. Verfolgungsscheinwerfer H 500 V

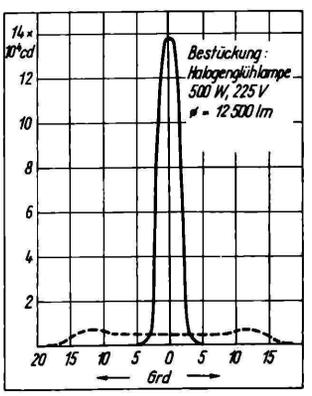


Bild 4. Lichtstärkeverteilungskurve H 500 P

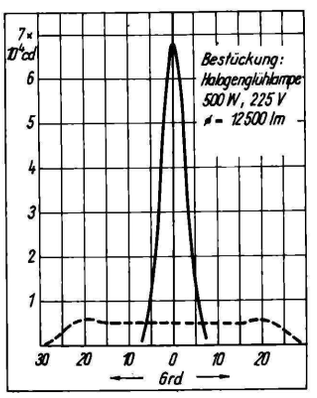
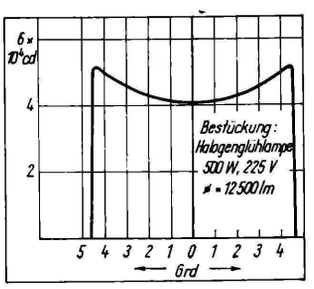


Bild 5. Lichtstärkeverteilungskurve H 500 S

Bild 6. Lichtstärkeverteilungskurve H 500 V



Tafel 1. Hauptparameter der Halogenscheinwerferserie H 500 (für HLWB 225 V/500 W)

		H 500 P	H 500 S	H 500 V
Maximallichtstärke in cd I_e	konzentriert	138000	68000	52000 bei Lichtfelddurchmesser = 1,7 m in 10 m Entfernung
	gestreut	6600	6200	
Halbstreuwinkel in ° $\delta_{0,5}$	konzentriert	3,8	6,5	–
	gesteuert	30	50	
Zehntelstreuwinkel in ° $\delta_{0,1}$	konzentriert	5	12	–
Optik		Plankonvexlinse $\varnothing$ = 120 mm f = 180 mm	Stufenlinse $\varnothing$ = 152 mm f = 81 mm	Plankonvexlinse $\varnothing$ = 71,8 mm f = 180 mm $\varnothing$ = 120 mm f = 285 mm Asphär. $\varnothing$ = 50 mm f = 48 mm
Hohlspiegel		$\varnothing$ = 62 mm R = 36,5 mm	$\varnothing$ = 62 mm R = 36,5 mm	$\varnothing$ = 62 mm R = 36,5 mm
Fassung		G 6,35	G 6,35	G 6,35
Farbrahmengröße in mm		155 × 155	185 × 185	100 × 100
Masse mit Halter nach TGL 27450/44 in kg		5,5	5,1	6,5

lung GX 9,5 und der Lichtschwerpunkthöhe von a = 55 mm einsetzbar.
Der M 1000/1 ist auch bestückbar mit Halogenglühlampen 220 V/650 W gleicher Sockelung und Lichtschwerpunkthöhe.

Lampenbestückung für die Geräteserie H 2000:
TUNGSRAM Lichtwurflampe Typ 54080, 220 V/2000 W; Φ = 52000 lm; L = 400 h; Sockel G 38.
Alle Halogenglühlampen anderer Hersteller mit der Lichtschwerpunkthöhe von a = 127 mm und gleicher Sockelung sind ebenfalls einsetzbar.
Weitere technische Daten sind der Tafel 2 und den Bildern 9 bis 12 zu entnehmen.

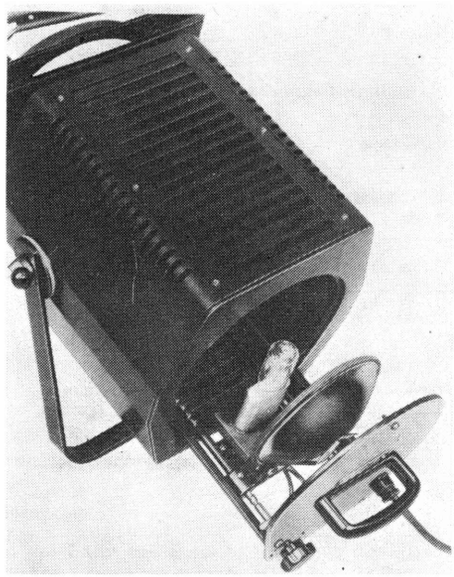
4. Verfolgungs- und Profilscheinwerfer H 2000 V 10 und H 2000 V 16

Die Entwicklungskonzeption bei den NARVA-Typen H 2000 V 10 und H 2000 V 16 bestand in der Schaffung eines universell einsetzbaren Profil- und Verfolgungsscheinwerfers in der Leistungsklasse 2 kW mit möglichst hohem Scheinwerferwirkungsgrad (Bild 13).

Tafel 2. Hauptparameter der Halogenscheinwerfer H 1000/1 und H 2000

		H 1000/1 P	H 1000/1 S	H 2000 P	H 2000 S
Maximallichtstärke in cd I_0	konzentriert	280000	180000	645000	410000
	gestreut	11000	10000	25000	23000
Halbstreuwinkel in ° $\delta_{0,5}$	konzentriert	4,2	8	4	7,2
	gestreut	30	50	30	50
Zehntelstreuwinkel in° $\delta_{0,1}$	konzentriert	6	15	6	13
Optik		Plankonvexlinse $\varnothing = 160$ mm $f = 260$ mm	Stufenlinse $\varnothing = 200$ mm $f = 108$ mm	Plankonvexlinse $\varnothing = 200$ mm $f = 350$ mm	Stufenlinse $\varnothing = 250$ mm $f = 144$ mm
Hohlspiegel		$\varnothing = 150$ mm $R = 100$ mm	$\varnothing = 150$ mm $R = 100$ mm	$\varnothing = 175$ mm $R = 115$ mm	$\varnothing = 175$ mm $R = 115$ mm
Fassung		GX 9,5	G 9,5	G 38	G 38
Farbrahmengröße in mm		185 × 185	245 × 245	245 × 245	305 × 305
Masse mit Torblende und Halter nach TGL 27450/44 in kg	10	10	10,9	15,7	16,1

Bild 8. Stufenlinsenscheinwerfer H 2000 S mit Darstellung der Einschubtechnik



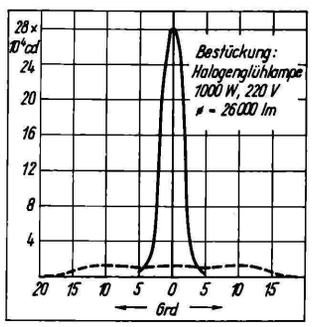


Bild 9. Lichtstärkeverteilungskurve H 1000/1 P

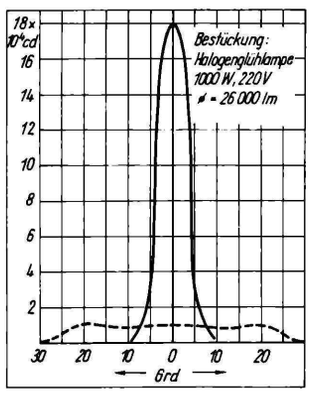


Bild 10. Lichtstärkeverteilungskurve H 1000/1 S

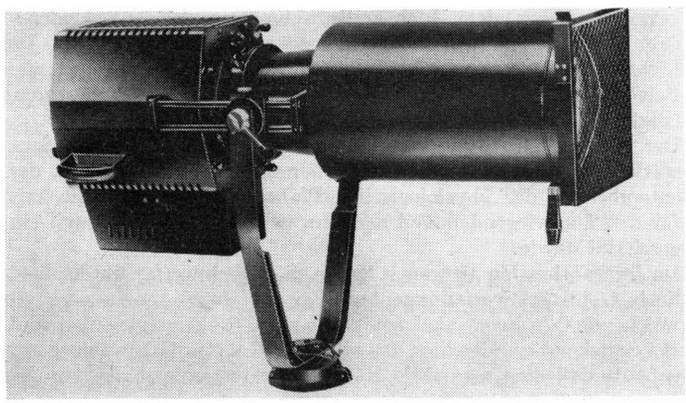


Bild 13. Verfolgungs- und Profilscheinwerfer H 2000 V 10

4.1. Kennwerte

4.1.1. Öffnungswinkel

Verfolgungs- und Profilscheinwerfer werden durch den Öffnungswinkel charakterisiert. Der Öffnungswinkel γ ergibt sich aus der Meßentfernung L (Entfernung der Austrittspupille des Scheinwerfers zur Meßwand) und dem Durchmesser D des dabei ausgeleuchteten größten Lichtkreises nach:

$$\gamma = \arctan \frac{D}{L} \qquad (1)$$

Der Öffnungswinkel des Scheinwerfers wird durch die Brennweite des Objektivs und dem Durchmesser der größten Objektfläche (freie Öffnung der Irisblende) bestimmt. Dieser Öffnungswinkel kann durch das Vierfachblendensystem, die kreisförmige Irisblende oder feste Blendenprofileinschübe bis auf eine kleine Öffnung reduziert werden. Damit wird jedoch, entsprechend der abgeschatteten Objektfläche, ein großer Teil des zur Verfügung stehenden Lichtes nicht genutzt. Aus energieökonomischen Gründen ist deshalb die Vorwahl des geeigneten Öffnungswinkels für die zu lösende Beleuchtungsaufgabe schon bei der Projektierung ein wesentlicher Faktor. Die Öffnungswinkel der NARVA-Scheinwerfertypen sind in ihren Kurzbezeichnungen enthalten:

- H 2000 V 10 $\gamma = 10°$
- H 2000 V 16 $\gamma = 16°$.

Bei einer Meßentfernung von $l = 10$ m ergeben sich daraus folgende größte Lichtkreisdurchmesser:

- H 2000 V 10 $D = 1{,}75$ m
- H 2000 V 16 $D = 2{,}75$ m

Bild 11. Lichtstärkeverteilungskurve H 2000 P

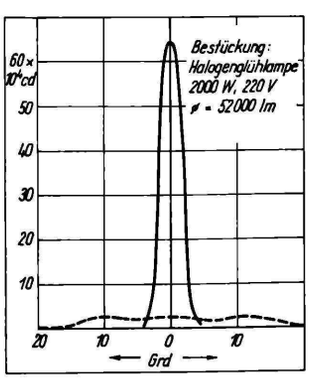


Bild 12. Lichtstärkeverteilungskurve H 2000 S

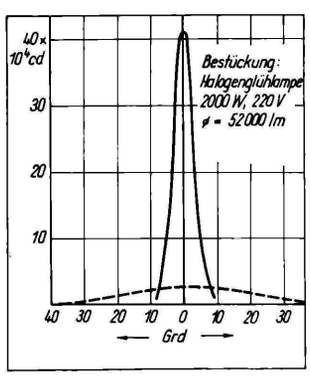


Bild 14. Lichtstärkeverteilungskurve H 2000 V 10

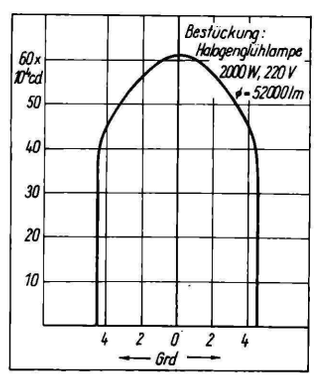
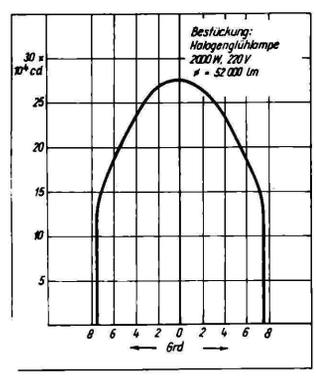


Bild 15. Lichtstärkeverteilungskurve H 2000 V 16



Tafel 3. Hauptparameter der Verfolgungs- und Profilscheinwerfer H 2000 V 10 und H 2000 V 16

	H 2000 V 10	H 2000 V 16
Maximallichtstärke in cd	610000	275000
Masse in kg	23	20
Abmessungen $l \times b \times h$ in mm	1035 × 440 × 600	840 × 440 × 600
Farbrahmengröße in mm	275 × 275	245 × 245
Plankonvexlinse	$\varnothing$ = 250 mm f = 515 mm	$\varnothing$ = 200 mm f = 350 mm
Plankonvexlinse	$\varnothing$ = 120 mm	f = 180 mm
Asphärische Linse	$\varnothing$ = 92 mm	f = 83 mm
Spiegelsystem	Hauptreflektor R 70/1 Gegenreflektor R 70/2	

4.1.2. Lichtstärke

Die axiale Maximallichtstärke ist unter Beachtung der Lichtstärkeverteilung über dem Lichtkreisdurchmesser das entscheidende Gütekriterium eines Verfolgungs- oder Profilscheinwerfers. Die Lichtstärkeverteilungsfunktion wird im wesentlichen durch den Beleuchtungsteil des scheinwerferoptischen Systems bestimmt (Bilder 14 und 15).
Der H 2000 V 10/16 besitzt eine annähernd parabelförmige Lichtstärkeverteilungskurve mit einem 50prozentigen Randabfall, der, entsprechend der physiologischen Wahrnehmungsempfindlichkeit, für den überwiegenden Teil der Anwendungsfälle als optimal eingeschätzt wurde.
Im internationalen Vergleich haben die Scheinwerfer unterschiedliche Lichtstärkeverteilungen und in der Regel voneinander abweichende Öffnungswinkel, so daß sie nicht exakt vergleichbar sind.
Bei Spitzenerzeugnissen ist das scheinwerferoptische System so aufgebaut, daß eine maximale Raumwinkelausnutzung des von der Lampe ausgestrahlten Lichtstromes angestrebt wird.
Eine wichtige Ausgangsbedingung ist die konsequente Verwendung der gerätespezifischen Lampe. Lampen mit größerem Filament erzielen in optimierten Systemen niedrigere Lichtstärken. Lampen mit kleinerem Filament, zum Beispiel der Übergang zu stark gedrängten Biplanarfilamenten, können höhere Beleuchtungsstärken aufgrund der höheren Leuchtdichte nach:

$$E = \pi L \sin^2 u' \quad \text{(in lx)} \qquad (2)$$

bewirken. Die Lichtstärkeverteilungskurve wird dabei ebenfalls verändert.

4.2. Gerätekurzbeschreibung (Bild 13, Tafel 3)

Lampenbestückung für die Geräteserie H 2000 V 10/16:
TUNGSRAM Typ 54080, 220 V/2000 W; Φ = 52000 lm; L = 400 h; Sockel G 38.
Vergleichbare Lampentypen anderer Hersteller können ebenfalls eingesetzt werden.
Die Geräte sind um 360° schwenkbar und um $\pm$ 45° neigbar gelagert. Eine eventuell notwendig werdende Schwerpunktverstellung ist im Bereich von 180 mm möglich. Vier eingebaute, unabhängig von außen zu bedienende Blendenschieber, zwei Irisblenden zur kreisförmigen Lichtfeldbegrenzung mit „blanck out" und ein Vignetteneinschub ermöglichen einen differenzierten Einsatz.

5. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung und Produktion des beschriebenen komplexen Scheinwerfersortiments steht den Anwendern ein Gerätesystem mit hohem Gebrauchswert zur Verfügung. Die Lichtleistung und das technische Niveau dieser NARVA-Scheinwerfer entsprechen den gewachsenen Anforderungen der modernen Beleuchtungstechnik.

EA 5505

Meßergebnisse zum Laufverhalten des Schaltlichtbogens und zur Verbesserung der Strombegrenzung in kompakten Löschblechkammern

F. Beer, KDT, Berlin

Aus der Literatur und auf Grund eigener Untersuchungen ist bekannt, daß die entscheidende Phase für eine gute Strombegrenzung eines Leistungsschalters die Phase nach Öffnen der Schaltstücke mit dem Wanderungsbeginn des Lichtbogens vom Kontaktsystem in die Löschkammer ist. Bei Verbesserung der Strombegrenzung mit dem Ziel eines praktisch unbegrenzten Schaltvermögens muß hier angesetzt werden.
Für eine schnellstmögliche Überführung des Bogens von den Schaltstücken in die kompakte Löschkammer bietet sich u.a. die Ausnutzung von Druck- und Strömungsverhältnissen an. Diese können durch entsprechende Gestaltung der Löscheinrichtung oder Anwendung einer Laval-Düsenanordnung beeinflußt werden. Untersuchungen dazu werden nachfolgend beschrieben.

1. Untersuchungen an Modelleinrichtungen

1.1. Untersuchungen an einer Leitblechanordnung im geschlossenen Löschraum

Ausgangspunkt waren Messungen zum Laufverhalten des Bogens zwischen zwei parallelen Leitblechen in einer geschlossenen Lichtbogenlöschkammer mit einem Kammervolumen von 750 cm³ (Bild 1). Dabei wurde die Modellschaltstrecke mit einer definierten Stromhalbwelle belastet, wobei die Zündung mittels Zünddrahts eingeleitet wurde. Die Ströme wurden zwischen 5 und 22 kA bei 280 V (50 Hz) und einem cos φ = 0,35 variiert. Der Prüfstromkreis war so gestaltet, daß nach etwa 10 ms die Modellkammer kurzgeschlossen wurde.
Gemessen wurden oszillografisch die Transformatorspannung, die Lichtbogenspannung, der Lichtbogenstrom, die Lichtbogenleistung und der Überdruck an unterschiedlichen Kammerstellen mit Druckmeßsonden nach dem piezoelektrischen Effekt [1]. Die Lichtbogenwanderungsgeschwindigkeit wurde über eine Spannungsabfallmessung entsprechend [2] ermittelt.
Die ermittelten Wanderungsgeschwindigkeiten des Lichtbogens sind als Funktion des Stromes für verschiedene Kammer- und Blechparameter im Bild 2 dargestellt. Daraus lassen sich einige Aussagen zum Laufverhalten des Bogens zwischen zwei Leitblechen im geschlossenen Löschraum machen. Auf den Lichtbogen, der zwischen den Leitblechen wandert, wirken zwei Kräfte, nämlich eine elektrodynamische Kraft aus dem Eigenfeld der Leitblechanordnung und der entstehende Überdruck, der in dem relativ kleinen Volumen von etwa 5 cm³ unterhalb der Lichtbogenentstehungsstelle beim Zünden des Bogens auftritt. Der so angetriebene Bogen läuft nach einer gewissen Verharrzeit an der Entstehungsstelle während seiner Wanderung gegen den im Blechzwischenraum langsam ansteigenden Gasdruck an, erreicht aber noch bei geringen Überdruckwerten seine Endlage am Deckel der Kammer. Es ist zu ersehen, daß die Wanderungsgeschwindigkeit des Bogens mit wachsender Stromstärke ansteigt. Ursache dafür ist, daß der antreibende Gasdruck und die elektrodynamische Kraft auf Grund des Eigenfeldes mit größer werdender Stromstärke anwachsen. Dabei ergeben sich für die verschiedenen Kammer- und Blechparameter unterschiedliche Geschwindigkeiten.
Der Kammerwerkstoff hat Einfluß auf die Lichtbogengeschwindigkeit. Bei gleichbleibendem elektrodynamischem Antrieb des Lichtbogens erreicht sie beim gasenden Kammermaterial Vulkanfiber größere Werte als beim nichtgasenden Kammermaterial Mycalex.

Dr.-Ing. *Fritz Beer* ist Leiter der Abteilung Entwicklung von Niederspannungsschaltgeräten im Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin – Treptow „Friedrich Ebert".

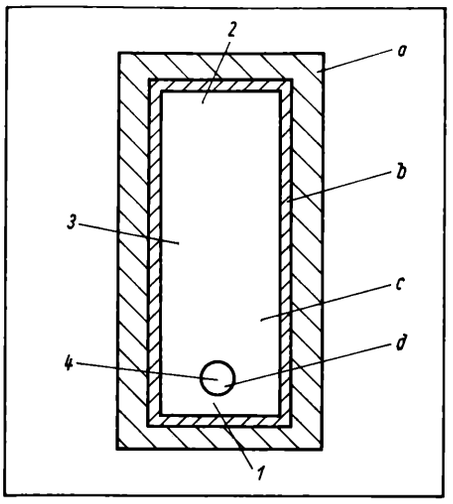


Bild 1. Modellkammer mit Leitblechanordnung
a Hartgewebegehäuse
b Kammerwand
c Leitblech
d Stromzuführung
1, 2, 3 Druckmeßstellen
4 Höhe der Lichtbogenzündstelle

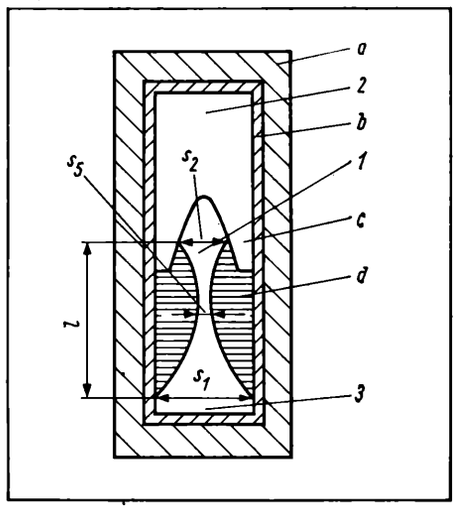


Bild 3. Modellkammer mit Laval-Düse
a Hartgewebegehäuse
b Cevausitwandung
c Löschblech (EBL 160)
d Düsenkörper aus Keramik
S_1, S_2, S_3 Abstände
l Gesamtlänge
1, 2 Meßstellen für die Laufzeit des Lichtbogens
3 Zündstelle des Bogens

Maßgebend dafür ist der bei Vulkanfiber größere treibende Gasdruck. Durch Druckentlastungsöffnungen wird der vor dem wandernden Lichtbogen entstehende Gasdruck abgebaut, so daß er die Wanderung weniger behindert. Vergrößert man den Blechabstand, so nimmt die Wanderungsgeschwindigkeit leicht zu. Die Geschwindigkeit des wandernden Lichtbogens ist zwischen dickeren Blechen geringer als zwischen dünnen. Ursache dafür ist, daß dickere Bleche geringere elektrodynamische Antriebskräfte und dazu auch noch kleinere treibende Gasdrücke zur Folge haben [1].
Der im Lichtbogenlöschraum unterhalb der Bogenzündstelle entstehende Gasdruck kann also als Antriebskraft für den Lichtbogen ausgenutzt werden. Durch Auskleidung dieses Kammerteils mit gasendem Material kann der Lichtbogen rasch aus dem Kontaktspalt in die Löschblechkammer bewegt und damit sehr schnell seine Brennspannung erhöht werden, was sich günstig auf die Strombegrenzung auswirkt.

1.2. Untersuchungen an einer Modellkammer mit Laval-Düsenanordnung

Eine Düse ist ein Kanalstück, das so gestaltet ist, daß sich die Geschwindigkeit bei gleichzeitiger Druckverminderung erhöht. Das ist besonders in der Laval-Düse (Bild 3) der Fall. Aus den Gesetzen für strömende Gase läßt sich ableiten, daß die bestimmenden Größen der Laval-Düse die Druck- und Querschnittsverhältnisse sind [3]. In Anlehnung an diese Berechnungsunterlagen wurde eine Düsenanordnung für eine Modellkammer (Bild 3) dimensioniert, die in Höhe und Breite der Löschblechkammer des strombegrenzenden Leistungsschalters EBL 160 vom K EAW „Friedrich Ebert" Berlin-Treptow entsprach. Das Kammervolumen betrug 300 cm³. Dabei war zu beachten, daß das mit Zähigkeit behaftete Plasma die Düse verstopfen und daß ein Düsenkörper aus stark gasendem Material eine Bogendurchwanderung erschweren kann. Deshalb sind sehr geringe Mindestabstände der Düsenkörper auszuschließen und nichtgasendes Material, z. B. Keramik, für die Ausbildung der Laval-Düse zu wählen. Für ein anzustrebendes Geschwindigkeitsverhältnis von $w_2/w_s \approx 2$ (theoretisch ist $w_{max}/w_s = 2{,}45$ beim Entspannen bis Druck Null bei Gasen mit $\varkappa = 1{,}4$ möglich) ist ein Querschnittsverhältnis von $A_2/A_s \approx 5$ erforderlich [3]. Dafür ergeben sich bei einer Breite der Düsen von $b = 15$ mm folgende günstige Querschnitte und damit Abstände:

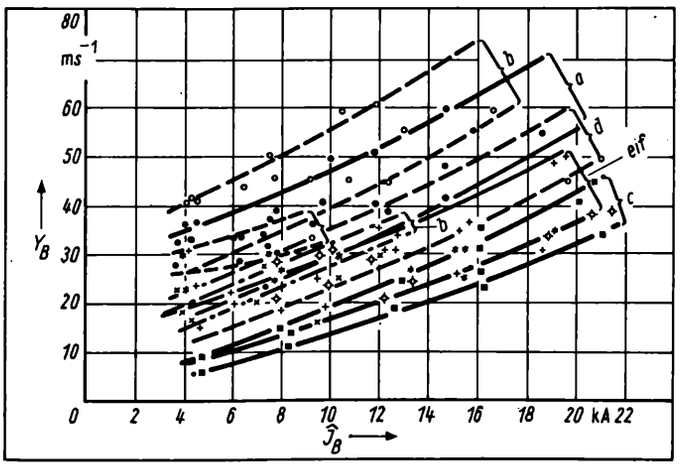
$$A_1 = A_2 = 150 \text{ mm}^2;\ A_s = 30 \text{ mm}^2;$$

$$S_1 = S_2 = 10 \text{ mm};\ S_s = 2 \text{ mm}.$$

In [4] wird für einen Wechselstromschalter bis 20 kA für den engsten Düsendurchmesser der Laval-Düse 1 bis 2 mm angegeben. Zu große Austrittsquerschnitte sind unzweckmäßig, da die Düsen wegen der notwendigen kontinuierlichen Querschnittsveränderungen zu lang werden und größere Reibungsverluste ergeben. Die Länge der benutzten Düse ist $l = 30$ mm. Mit der Modellkammer nach Bild 3 wurden einpolige Schaltversuche bei Prüfströmen zwischen 2 und 15 kA mit einer Prüfspannung von 280 V (50 Hz) durchgeführt, wobei der Prüfstromkreis so gestaltet war, daß nach etwa 15 ms die Modellkammer kurzgeschlossen wurde. Die Zündung des Lichtbogens erfolgte mit Hilfe eines Zünddrahtes zwischen parallelen Leitblechen in Höhe des Düseneingangs. Die verwendeten Löschbleche, über der Düse angeordnet, hatten die Abmessungen wie in der Löschkammer des EBL 160.
Untersucht wurden im Vergleich Kammern mit und ohne Düsenanordnung, die eine Austrittsöffnung in der Größe von etwa 1% der Kammeroberfläche hatten (vorteilhafte Öffnung nach [1]) und die oben völlig offen bzw. geschlossen waren. Gemessen wurden oszillografisch die Transformatorspannung, die Bogenspannung, der Bogenstrom und die Laufzeit des Bogens bis zu den in Bild 3 angegebenen Meßstellen 1 und 2. Zur Laufzeitmessung des Lichtbogens wurden Drahtmeßsonden [5] und eine Meßeinrichtung auf Basis von Fotodioden mit Lichtsignalzuführung über Lichtleitkabel [6] benutzt. Die ermittelten Laufzeiten t_1 des Bogens bis zur Meßstelle *1* (Bild 3), bezogen auf den definierten Einschaltzeitpunkt des Synchroneinschalters in Abhängigkeit vom Strom $\hat{I}_B$ für die untersuchten Kammertypen, sind im Bild 4 aufgetragen.
Aus den Messungen ergibt sich, daß die Laufzeiten in der Kammer mit Öffnung bei Einsatz der Laval-Düse verbessert werden, daß die Laufzeiten in der offenen Kammer mit und ohne Düse etwa gleich und dabei insgesamt klein sind und daß die Laufzeiten in der geschlossenen Kammer mit und ohne Düse etwa gleich aber groß sind.

Für die geschwindigkeitserhöhende Wirkungsweise der Düse ist ein Druckgefälle notwendig, das bei der geschlossenen Kammer nicht gegeben ist. Weiterhin werden die reflektierten Druckwellen in dieser Kammer den Durchwanderungsvorgang des Bogens durch die Düse erschweren. Die kleinen Laufzeiten sind in der offenen Kammer bereits ohne Einsatz der Düse auf die günstigen Strömungsverhältnisse, wie auch in den vorangegangenen Untersuchungen festgestellt, zurückzuführen. Durch die Düse werden die bereits geringen

Bild 2. Lichtbogenwanderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Lichtbogenstrom in Kammer mit Leitblechanordnung
a Vulkanfiber, geschlossen; *b* Vulkanfiber, Austrittsöffnung; *c* Mycalex, geschlossen; *d* Mycalex, Austrittsöffnung; *e* Blechdicke 4 mm; *f* Blechdicke 6 mm; *g* Blechabstand 10 mm; *h* Blechabstand 20 mm



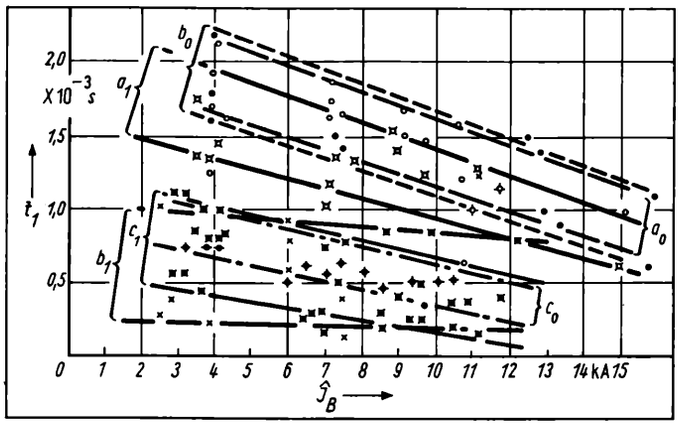
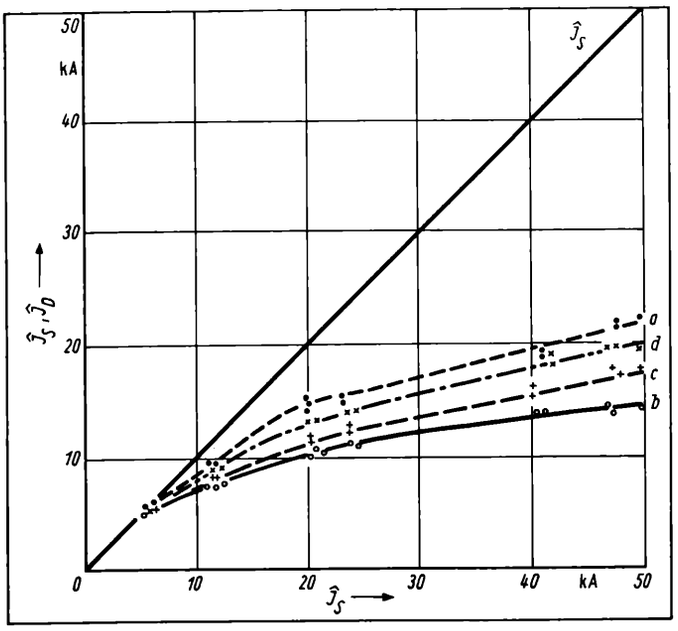


Bild 4. Laufzeiten des Lichtbogens in Abhängigkeit vom Lichtbogenstrom in Kammern mit Laval-Düse
a geschlossene Kammer; *b* Kammer mit Öffnung; *c* offene Kammer; Index *0* ohne Düse; Index *1* mit Düse

Bild 6. Strombegrenzungskurven
a Originalkammer EBL 160 ohne magnetische Fremdblasung bzw. mit Laval-Düse
b mit magnetischer Fremdblasung (B = 500 G bei 250 A)
c mit größerer Kontaktöffnungsgeschwindigkeit 8 m/s gegenüber 6 m/s bei 18 kA
d mit verengtem Kontaktstückraum ▶



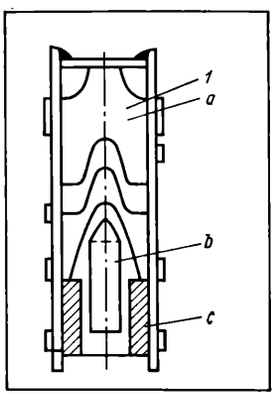


Bild 5. EBL-160-Löschkammer mit Vulkanfiberausfütterung
a Löschblech
b Schaltstück
c Vulkanfiber
1 Meßstelle für die Laufzeit des Lichtbogens

Laufzeiten nicht mehr wesentlich verbessert. Eine Verringerung der Laufzeiten konnte bei Anwendung der Laval-Düse also nur in der Kammer mit Öffnung festgestellt werden. Das sind die Kammern, die für strombegrenzende Leistungsschalter in Kompaktbauweise üblich sind, auch bei dem für nachfolgende Untersuchungen verwendeten strombegrenzenden Leistungsschalter EBL 160.

2. Untersuchungen an strombegrenzenden Leistungsschaltern

Am strombegrenzenden Leistungsschalter EBL 160 wurden die an Modelleinrichtungen gewonnenen Ergebnisse zum Laufverhalten des Lichtbogens durch Verengung bzw. Auskleidung des Kontaktraumes mit gasendem Material und durch eine Laval-Düsenanordnung bereits genannter Abmessungen vor den Löschblechen im Vergleich zu anderen Maßnahmen, wie größere Kontaktöffnungsgeschwindigkeit bzw. eine magnetische Fremdblasung im Bereich der Kontaktstücke, überprüft. Als Beurteilungskriterium wurde die Strombegrenzung herangezogen.
Im Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich erkennen, daß eine größere Kontaktöffnungsgeschwindigkeit, eine magnetische Fremdblasung im Bereich der Kontaktstücke und ein verengter Kontaktraum bei in Außenabmessungen und Löschblechen gleicher Kammer (Bild 5) auf Grund des verbesserten Laufverhaltens des Lichtbogens in der Anfangsphase bessere Strombegrenzungswerte ergeben (Bild 6). Dabei hat die Fremdblasung den größten Einfluß. Mit der Laval-Düsenanordnung konnten etwa bis $\hat{I}$ = 15 kA gleiche Strombegrenzungswerte wie mit der normalen EBL-160-Kammer erzielt werden, also keine Verbesserungen. Bei größeren Strömen versagte die Düsenkammer und der Lichtbogen löschte nicht mehr. Aus dem oszillografierten Bogenspannungsverlauf und der Laufzeitmessung war ersichtlich, daß der Lichtbogen nicht durch die Düse und damit in den Löschblechkamm gewandert war. Ursachen dafür sind das Fehlen eines größeren Druckgefälles in der Kammer als Antriebsgröße für die Strömung und die bei größeren Strömen auftretende Verstopfung der vorliegenden Düse auf Grund der Zähigkeit des Plasmas. Dieses Ergebnis spricht nicht für die Anwendung einer Laval-Düsenanordnung in kompakten Löschkammern von Leistungsschaltern mit sehr hohem Schaltvermögen.

3. Schlußfolgerungen

Die Untersuchungen zum Laufverhalten des Lichtbogens und damit zur Verbesserung der Strombegrenzung haben insgesamt gezeigt, daß eine große Öffnungsgeschwindigkeit des Kontaktsystems sowie ein rascher und steiler Bogenspannungsanstieg (bedingt durch gutes Laufverhalten des Lichtbogens) den entscheidenden Einfluß auf die Strombegrenzung haben.
Eine große Kontaktöffnungsgeschwindigkeit kann man u.a. mit vertretbarem Aufwand durch

- optimale Stromschleifenausbildung des Kontaktsystems in Länge und Abstand
- geringe Massen für das bewegliche Schaltstück und den Schaltstückarm
- Vermeidung von langen, sich bei Stromfluß versteifenden Flexbändern und Ersatz durch Stromgelenke

realisieren.
Einen steilen Bogenspannungsanstieg kann man mit vertretbarem Aufwand durch

- Ausnutzung von Strömungsverhältnissen im kompakten Löschsystem, z.B. Verengung des Schaltstückraumes,
- zusätzliche Maßnahmen, z.B. magnetische Fremdblasung des Lichtbogens,

erreichen.

Literatur

[1] *Beer, F.:* Die Druckentwicklung während des Ausschaltvorganges in geschlossenen Niederspannungs-Lichtbogenlöschkammern und ihre Berücksichtigung bei deren Dimensionierung. Dissertation, TH Ilmenau 1973
[2] *Wedell, H.:* Über das Verhalten des Lichtbogens und die Ausbildung von Plasmaströmungen im Kontaktspalt von Niederspannungs-Schaltgeräten. Dissertation, TH Ilmenau 1968
[3] Hütte I, 28. Auflage, Berlin: Verlag Wilhelm Ernst & Sohn 1955
[4] Elektrischer Schalter. Anm.: Siemens AG. AT.: 13. 6. 70. DE-PS 2029 252. H01h 9/34 und AP 91849
[5] *Rothardt, L.:* Magnetisch beblasene Lichtbögen in flachen Kammern (Vortrag). 22. IWK der TH Ilmenau 1977
[6] *Keitel, J.; Beer, F.:* Moderne Mittel zur Durchführung experimenteller Untersuchungen an Schaltlichtbögen. ELEKTRIE, Berlin 30 (1976) 6, S. 301–304

EA 5227

KURZBERICHTE

Vollelektronische Kabelader-Überwachungsschaltung

Kabeladern dienen der Übertragung von Signalen der Schutzrelais zu den Auslöseorganen der Leistungsschalter. Bei Überschreitung von Rechtsträgergrenzen, bei gemeinsamer Verlegung mit Fernsprechleitungen und bei vollständiger Erdverlegung müssen sie auf ihre Funktionssicherheit überwacht werden. Mit der vollelektronischen Überwachungsschaltung soll das mit einer Reihe von Nachteilen behaftete gegenwärtige elektromechanische System abgelöst werden.

Als besonders nachteilig wird bei der gegenwärtigen Schaltung empfunden:

- Einsatz von Dioden im Hauptstromkreis
- Ausfall der Auslöserelais bleibt unerkannt
- Überlagerung von Strömen, die im Arbeitsbereich der Auslöserelais liegen
- Ständige Belastung der Batterie
- Möglicher Stromfluß durch das Auslöserelais infolge Fremdspannungsbeeinflussung der Kabeladern.

Die Ablösung erfolgt mit Hilfe hochintegrierter mikroelektronischer Schaltungstechnik unter Einbeziehung moderner LED-Punktanzeigen zur ständigen Anzeige der Überwachungsfunktion.

Folgende Funktionsmerkmale kennzeichnen die neue Schaltung:

- Es wird dem in Funktionsbereitschaft stehenden Betriebsstromkreis, der mit einer Spannung von 220 V Gs betrieben wird, ein Überwachungsstrom überlagert, der durch eine separate Spannungsquelle gespeist wird. Die separate Spannungsquelle ist potentialfrei. Der Überwachungsstrom beträgt etwa 1,2 mA.
  Die Anschaltung des Überwachungsstromes erfolgt unmittelbar an der Klemme, an der die entsprechende Schutzfunktion auf die Klemmleiste gegeben wird. Dadurch werden auch große Teile der Verdrahtung, Klemmstellen usw. mit überwacht.
- Durch die Koppelglieder wird die Überwachungsschaltung galvanisch vom Betriebsstromkreis getrennt.
  Die galvanische Trennung erfolgt über eine Isolierstrecke mit einer Spannungsfestigkeit von 4 kV.
- Die Schaltung besteht aus einem Überwachungs- und einem Zentralbaustein. Mit dem Überwachungsbaustein können gleichzeitig 4 Kabeladerpaare überwacht werden.
- Eine Zeitverzögerung des Ausfallsignales von 2 s gewährleistet eine störungsfreie Übertragung des Nutzsignales. Für den echten Ausfall bedeutet diese Verzögerung keinen Nachteil.
- Die Ausfallmeldung des einzelnen Kabeladerpaares wird am Überwachungsbaustein optisch und im Zentralbaustein akustisch ausgegeben.
  Das Sichtfeld des Überwachungsbausteines ist so konstruiert, daß die Funktionsbereitschaft ständig durch das Leuchten roter Signalleuchten angezeigt wird. Der Ausfall einer Signalleuchte ist gleichbedeutend dem Ausfall eines Kabeladerpaares unterschieden nach Unterbrechung oder Kurzschluß.

Die Kosten für die Realisierung der Überwachungsschaltung sind gering. Der Energieverbrauch ist minimal. Die Nachteile der bisherigen Schaltung sind restlos beseitigt. Die Kabelader-Überwachungsschaltung ist zum Patent angemeldet worden.

O. Walther, Zwenkau; J. Walter, Leipzig

EA 1839

Fortsetzung von Seite 444

Leitung von Innovationen in der Elektrotechnik

[8] *Rapoport, V.:* Innovations in Electrical Engineering: Organizational Structures for the 1980s. In [33, S. 37–59]

[9] *Holec, M.:* Some Special Trends of Development of the Organizational Structures in the Electrotechnology Industry. In [33, S. 1–9]

[10] *Fomin, S.:* Innovation Policy in a Large Electrotechnical Enterprise. In [32]

[11] *Millendorfer, J.:* General Notes on Innovation, Information Systems, Creativity and Brain-Work. In [34]

[12] *Medvedev, A. G.:* Product Innovation and Process Innovation: Do the Motivations Conflict? In [34]

[13] *Rapoport, V.:* Some Methodological Aspects of Comparative Studies of Organizational Structures. In [33, S. 11–13]

[14] *Milner, V. Z.; Evenko, L. I.; Rapoport, V. S.:* Sistemnyj podchod k organizacii upravlenija. Moskva: Ekonomika 1983

[15] *Brimm, M.:* The Careers of Sponsors of Organizational Innovations. In [34]

[16] *Soucek, Zd.:* Variability of the World Versus Strategy. In [34]

[17] *Humphreys, P.; Larichev, O. I.; Vari, A.; Vecsenyi, J.:* Comparative Analysis of Use of Decision Support Systems in R&D Decisions. In [29, S. 207–234]

[18] *Moss, Th. M.:* Myths and Realities in Planning: Can „Human Factors" Management Make It More Effective? In [34]

[19] *Lundstedt, S. B.:* Style, Strategy and Planning. In [34]

[20] *Holec, M.:* The Role of Innovation Management in the Overall Strategie Management of Electrotechnical Firms. In [32]

[21] *Rychecky, R.:* Management of the Innovation Policy in the Company CKD Praha. In [32]

[22] *Hrabeczy, J.:* The Management of Innovative Activity in the Organization of GANZ Electric Works. In [32]

[23] *Langrish J.:* Innovation Policy and Needs Analysis. In [32]

[24] *Moss Th.:* Human Factors in Innovation and Productivity. In [32]

[25] *Wolf G.:* Training for Innovative Activity. In [32]

[26] *Goldberg W.:* Organizing for Innovations in Producing Organizations/Enterprises. In [33 S. 15 bis 36]

[27] *Stepanov N. P.:* Izpol'zovanie modelirovanija kak metoda issledovanija processa novovvedenija (po materialam zarubeznoj literatury). In [30, S. 146–173]

[28] *Fick, G.; Sprague, R. H. (Herausgeber):* Decision Support Systems: Issues and Challenges. Proceedings of an International Task Force Meeting, June 23–25, 1980. Oxford: Pergamon Press 1980

[29] *Sol, H. G. (Herausgeber):* Processes and Tools for Decision Support. Proceedings of the Joint IFIP WG 8.3/IIASA Working Conference. Laxenburg, Austria, 19–21 July, 1982. Amsterdam: North-Holland 1982

[30] *Lapin, N. I. (Herausgeber):* Innovacionnye Prozessy Trudy Seminara. Moskva: VNIISI 1982

[31] *Lapin, N. I. (Herausgeber):* Novovvedenija v Organizacijach. Trudy Seminara. Moskva: VNIISI 1983

[32] *Vasko, T.; Goncharov, V. (Herausgeber):* Selected Papers Compiled From Presentations Leningrad Task Force Meeting May 24–29, 1982. IIASA CP-83-29

[33] *Goncharov, V.; Vasko, T. (Herausgeber):* Organizational Structures in Innovation Management. Proceedings of the International Task Force Meeting, Prague 30 May–3 June, 1983. IIASA CP-83-50

[34] *Goncharov, V. (Herausgeber):* Style and Strategy: Human Factors in the Management of Strategic Planning for Innovation. Proceedings of the International Task Force Meeting, Albena, 7–11 May, 1984. IIASA CP (wird zur Veröffentlichung vorbereitet)

M. Weber, Berlin[1])

EA 5508

[1]) Dr. sc. oec. *Mathias Weber* ist Mitarbeiter im Forschungszentrum für Lichttechnik des Berliner Glühlampenwerks im VEB Kombinat NARVA „Rosa Luxemburg".

FACHTAGUNGEN

8. Power System Computation Conference Helsinki 1984

Die alle 3 Jahre in Europa stattfindende „Power System Computation Conference" fand in diesem Jahr vom 19. bis 24. 8. 1984 an der TU Helsinki statt und war in jeder Beziehung hervorragend organisiert.

Nach der Begrüßung der Teilnehmer durch den Chairman der 8. PSCC, Prof. *Bubenko* (S), und den Bildungsminister, Dr. *Linna* (SF), stellte der Direktor für Betrieb bei der Imatran Voima Oy (Staatliche Energieversorgung Finnlands), Dr. *Palmgren*, in einem Eröffnungsvortrag die Elektroenergieversorgung Finnlands vor. Prof. *Laughton* (GB) als Chairman des Organisationskomitees der PSCC stellte die steigende Bedeutung der PSCC als Folge des wachsenden Einsatzes der Rechentechnik in allen Bereichen der Elektroenergiesysteme heraus. Die 177 Beiträge sind in 24 Themengruppen unterteilt in einem Konferenzband von etwa 1250 Seiten enthalten. Sie wurden in 5 Tagen jeweils in 2 bis 4 parallelen Sessionen von den Autoren kurz vorgestellt und diskutiert. An jedem Konferenztag wurde darüber hinaus ein Übersichtsvortrag über neueste Entwicklungstendenzen zu den Tagungsschwerpunkten von namhaften Experten im Plenum gehalten. Die Konferenz wurde von 270 Teilnehmern aus 33 Ländern besucht und stand auf einem sehr hohen Niveau. Alle Konferenzunterlagen liegen grundsätzlich nur in der Konferenzsprache Englisch am WB Elektroenergietechnik der Sektion Elektrotechnik der TU Dresden vor. Die Übersichtsvorträge sind nicht im Konferenzband abgedruckt, sondern wurden zum Teil nach dem Vortrag als Manuskript verteilt und stehen damit zur Verfügung. In dem Sonderheft des Informationsdienstes Elektroenergieversorgung des IEV Dresden werden alle Beiträge referiert.

Das umfangreiche Tagungsmaterial gibt einen umfassenden Überblick über den neuesten Stand des Einsatzes von Groß-, Klein- und Mikrorechnern für die Planung, den Betrieb sowie die Regelung und Steuerung von Kraftwerken, Umspannwerken und Netzen im Weltmaßstab. Im folgenden werden alle Titel der Beiträge in deutscher Übersetzung angegeben.

Übersichtsbeiträge

Sekine (Japan): Hierarchische Energiesystemregelung

Glavitsch (CH): Schaltmaßnahmen zur Sicherung und Verbesserung der Ökonomie der Lastverteilung

Dillon (Australien): Einsatz von abhängigen und verteilten Rechnersystemen zur Echtzeitsteuerung von Energiesystemen

Carpentier (F): Moderne automatische Kraftwerksregelung oder nicht?

Kraftwerks- und Netzplanung

Themenkomplex 1: *Kraftwerksplanung*

1.1 *Kärkkäinen, Ranne, Sipilä* (SF): Optimierung und Simulation von großen Wärmespeichern in kombinierten Wärme-Kraftsystemen

1.2 *Söder, Bubenko* (S): Modellierung der Windleistung

1.3 *Manzoni, Salvaderi, Valtorta* (I): Einfluß der Wärme-Kraft-Kopplung auf die Planung des Kraftwerkssystems

1.4 *Abou-Hussein, El-Maghraby, Groumpos* (Ägypten): Rechnergestützte Herleitung der optimalen unabhängigen Energiegewinnung (Solarzellenanordnung zur Energiespeicherung) eines Nahrungsmittelwerkes in Aswan/Ägypten

1.5 *Yu Minji, Zao Jingyuan, Li Tianquan* (China) Modellierung des langfristigen Entwicklungsplanes des Energiesystems Chinas
1.6 *Wu Hongzhong* (China): Optimierung der Ausnutzung und Verwendung der Wasserkraftreserven in China
1.7 *Gross, Garapic, Nutt* (USA): Die Berechnung von äquivalenten Dauerlastkennlinien mittels Mischung von Normalverteilungen
1.8 *Invernizzi, Manzoni, Rivoiro* (Italien): Neueste Verbesserungen im WAT-Programm für die Kraftwerksausbauplanung
1.9 *Satoh, Serizawa* (Japan): Anwendung der unscharfen linearen Programmierung zur Ausbauplanung der Kraftwerke
1.10 *Chen* (China), *Laughton* (GB): Modell für die Planung von Darlehen für Kraftwerke
1.11 *Rogers* (Kanada): Planung der Erzeugung unter Berücksichtigung der Veränderung der Energiequellen: Eine neue iterative Näherung

Themenkomplex 2: *Netzplanung*

2.1 *Pospelova, Zapatrin, Pospelov* (SU): Analyse der technisch-ökonomischen Eigenschaften von Energieübertragungssystemen
2.2 *David, Hautot* (F): Berechnung der Brennstoffeinsparungen, die aus der Verstärkung des Übertragungssystems resultieren
2.3 *Barcia* (P): Optimale Verteilung von Parallelkondensatoren: Eine Näherung mit einem gemischten Integerprogramm
2.4 *Rouhani, Balu* (USA): Optimierung der Blindleistungserzeugung bei der Systemplanung
2.5 *Innorta, Marannino, Montanina* (I): Optimales Blindleistungsplanungsverfahren in ausgedehnten Systemen
2.6 *Climaco, Trace-Almeida* (P): Planung von Energieverteilungsnetzen mittels Mehrzieloptimierung
2.7 *Adams* (GB) *Afuso, Rodriguez, Gerez* (Mexiko): Eine Methode zur Planung von Verteilungsnetzen
2.8 *Northcote-Green, Willis, Powell* (USA): Einflußanalyse – Vergleich einer direkten Methode mit Simulationsplanungsverfahren
2.9 *Cabral, Praca* (Brasilien): Eine interaktive Software zur Optimierung der Erweiterung von Übertragungsnetzen
2.10 *Bertoldi, Cicoria* (I): Das LODEN Programm – Eine lineare Methode zur automatischen Auswahl von Alternativen der Langzeiterweiterung mit Sicherheitseinschränkungen für ein Übertragungssystem
2.11 *Cheong, Dillon* (Australien): Modell für den Ersatz von Leitungen bei zeitlich verschobenem Übertragungssystemausbau

Themenkomplex 3: *Zuverlässigkeit*

3.1 *Billinton, Wee* (Kanada): Häufigkeits- und Dauerbewertung der Zuverlässigkeit von einfach verbundenen Systemen
3.2 *Skuletic* (YU): Berechnung der Zuverlässigkeitsparameter von parallel geschalteten Elementen gleicher Eigenschaften
3.3 *Fukin* (SU): Bewertung der Zuverlässigkeit großer Elektroenergiesysteme
3.4 *Nitu, Nitu, Oprisan* (RO): Anwendung des Markowschen Erneuerungsprozesses auf die Einschätzung der Verfügbarkeit von Generatoreinheiten und ihr Einfluß auf die Systemreserve
3.5 *Allan, Gomes* (GB): Betriebsparameter der Kraftwerke bei der Schätzung der Zuverlässigkeit
3.6 *Lam, Lawrence, Reppen, Balu* (USA): Bewertung der Zuverlässigkeit des Übertragungssystems durch eine Liste mit Begrenzungen
3.7 *Schilling, Lee, Queiroz, Praca* (Brasilien): Unorthodoxe Zuverlässigkeitsberechnung

Betrieb von Elektroenergiesystemen

Themenkomplex 4: *Langzeitbetrieb*

4.1 *Zhuravlev, Venikov, Filippova* (SU): Ein Gesamtmodell zur optimalen Regelung des Energiesystembetriebes
4.2 *Jahkola, Ylinen* (SF): Dynamische Programmierung und Simulation als Entscheidungshilfe für Entscheidungen von Nichtspezialisten
4.3 *Steinbauer* u.a. (A): Bedienergeführtes Programmpaket „Betriebsplanung von Energiesystemen"
4.4 *Sanabria, Dillon* (Australien), Sjelvgren (S): Eine stochastische Produktions-Kostenmethode unter Verwendung kommulativer und zeitserieller Lastdaten für die Produktionsplanung eines großen Wasserkraftwerkssystems
4.5 *Lederer, Torrion, Bouttes* (F): Eine globale Rückkopplung für das französische System der Kraftwerksplanung
4.6 *Schroeder* (D): Sukzessive lineare Kostenpläne als Ziele einer Langzeitbetriebsplanung von Wasser- und Dampfsystemen
4.7 *Canales-Ruiz, Rius-Casillas* (Mexiko): Charakterisierung der optimalen Lösung des Koordinatenproblems von Systemen mit WKW und DKW
4.8 *Pereira, Pinto* (Brasilien): Betriebsplanung von ausgedehnten Wasserkraftwerkssystemen
4.9 *Bajay, Lima* (Brasilien): Ein umfassendes Modell zur Langzeit-Produktionsplanung für Energiesysteme mit Wasser- und Dampfkraftwerken
4.10 *Colleter, Ortmans, Mercier, Chassaing* (F): Fahrplan der französischen Kernreaktoren und relevante Probleme
4.11 *Metcalfe, Ward* (GB): Eine Grundlage für die koordinierte Betriebsplanung von Brennstoffzuteilung, Kraftwerkseinsatz und Brennstoffvorrat
4.12 *Rivera, Garces, Mercado* (Argentinien): Bestimmung der Betriebsreserve und ihr Einfluß auf die Betriebskosten von Verbundsystemen
4.13 *Baribeau, Gillis* (Kanada): Ausfälle von Generatoreinheiten auf Grund von Zuverlässigkeitskennziffern
4.14 *Mromlinski* (PL): Ein Transportmodell für die optimale Planung des Ausfalles von Einheiten im Energiesystem durch Instandhaltung
4.15 *Billinton* (Kanada): *El-Sheikhi* (Libyen): Mehrbereichs-Instandhaltungsplan für die Kraftwerksplanung mittels Gram-Charlier-Reihe
4.16 *Desbrosses, Doumenc, Launay, Lemaitre* (F): Optimaler Einsatz von MS/NS-Transformatorsätzen. Darstellung der Methode der EDF

Themenkomplex 5: *Kurzzeitbetrieb*

5.1 *Schweppe* (USA): Bewertung der Erzeugungskosten
5.2 *Angulo, Zabalza* (E): Kurzzeitoptimierung eines Systems mit DKW und WKW
5.3 *Bubenko*, u.a. (S): Optimale Kurzzeitplanung eines Systems mit DKW und WKW Teil I: Modellierung
5.4 dito: Teil II Lösungsverfahren
5.5 *David* (Hongkong): Energiesystemregelung bei Vorhandensein von großen stochastischen Einspeisungen
5.6 *Idelchik* (SU): Bestimmung der Gesamtfelder der mathematischen Modellierung bei der Regelung des Elektroenergiesystems
5.7 *Khodaverdian, Brameller* (GB): Direkte gemischte ganzzahlige lineare Programmierung zur Lösung diskreter Entscheidungsprobleme in Elektroenergiesystemen
5.8 *Pöysti* (SF): Box-Jenkins-Methode zur Kurzzeitvorhersage der Systemlast in Finnland
5.9 *Ernoult, Mattatia* (F): Kurzzeit-Lastvorhersage: Neue Entwicklungen der EDF
5.10 *Frankhauser* (S): Eine neue Näherung der online-kurz- und mittelfristigen Lastvorhersage
5.11 *Müller* (A): Klassifizierung der Tageslastkurven mittels Klassenanalyse

Themenkomplex 6: *Optimaler Lastfluß*

6.1 *Carpentier* (F): Eine Verbindung zwischen Kurzzeitplanung und Lastverteilung: „Trennbarkeit von dynamischer Lastverteilung"
6.2 *Zhang, Brameller* (GB): Ökonomische on-line-Lastverteilung und Blindleistungsregelung mit Sicherheitsbegrenzungen durch lineare Programmierung
6.3 *Müller* (A): Lastflußoptimierung in elektrischen Netzen durch Evolutionsstrategieuntersuchung
6.4 *Chamorel, Germond* (CH): Hierarchische Optimierung der Blindleistung mit linearer Programmierung
6.5 *Landquist, Bubenko* (S): Eine verallgemeinerte reduzierte Gradientenmethode für den optimalen Blindleistungsfluß
6.6 *Blanchon, Dodu, Merlin* (F): Neue Entwicklungen des Optimierungsmodells für den Blindleistungsfluß bei der EDF
6.7 *Doi, Takeda, Uemura* (Japan): Eine neue effektive Methode für die integrierte Regelung von Spannung und Blindleistung in Energiesystemen
6.8 *Fu Shu-Ti, Wang Ru-Tang* (China): Analyse und Erhöhung der Sicherheit von Energiesystemen mittels quadratischer Programmierungsmethode nach Fletscher
6.9 *Minghetti* (I) Korrektive Vorplanung der Erzeugung und Last durch vielstufige nichtlineare Programmierung

Informationsverarbeitung

Themenkomplex 7: *Daten- und Informationssystem*

7.1 *Kezunovic* (YU): Integriertes System für die Datenbeschaffung, Steuerung und Schutz von Umspannwerken auf Mikrorechnerbasis
7.2 *Fracassi, Invernizzi, Zucca* (I): Automatisches System zur Verarbeitung von Belastungswerten
7.3 *Martins, Almeida* (P): Messung der Wirk- und Blindleistung für die Echtzeitregelung
7.4 *Imhof* (CH): Graphentheorie zur Modellierung und Analyse von Energiesystemen
7.5 *Perunicic, Rajnpreht, Duric* (YU): Aktualisierung der Netztopologie im on-line-Betrieb
7.6 *Grein, Müller, Petroianu* (D): Farbdarstellung von Netzveränderungen
7.7 *Polo, Garibay* (Mexiko): Zwischenaufgaben – Kommunikationsverfahren eines Mehrprozessorsystems zur Echtzeitsimulation
7.8 *Nogues, Vila* (E): Eine integrierte Näherung zu einem verallgemeinerten Nachrichtensystem zwischen verteilten Rechnern

Themenkomplex 8: *Parallelverarbeitung*

8.1 *Venikov*, u.a. (SU): Parallelalgorithmus auf der Grundlage der Funktionsmodellierung zur Lösung von Energiesystemproblemen
8.2 *Van Ness, Yui-Li Hsu* (USA): Mehrfache Faktorisierung für die parallele Lösung von Energiesystemproblemen
8.3 *Sekine, Yokoyama* (Japan): Eine neue Lastflußberechnungsmethode, angepaßt für die Parallelverarbeitung
8.4 *Parr, Arnold* (Neuseeland): Die Lösung schwachbesetzter linearer Gleichungen mittels Multiprozessor
8.5 *Handschin, König, Reissing* (D): Analyse der transienten Stabilität mittels Parallelverarbeitung

Themenkomplex 9: *Trainingssimulatoren*

9.1 *Yanaura, Takahashi, Hasuike, Hayashi* (Japan): Echtzeit-Netzsimulation für Dispatchertraining
9.2 *Gotua*, u.a. (SU): Trainingssimulator für Energiesysteme
9.3 *Haapanen*, u.a. (SF): Nutzung des Loviisa NPS-Trainingssimulators für Trainung und Forschung
9.4 *Häll, Juslin, Tegelberg* (SF): Trainingssimulatoren natürlicher Größe zum Training des Personals von Regelzentren

Netzanalyse

Themenkomplex 10: *Zustands- und Parameterschätzung*

10.1 *Kosonen* u.a. (S): Erfahrungen von der Einführung, Einsatzbereitschaft und des on-line-Betriebes einer Zustandsschätzungsfunktion
10.2 *Castagnoli* u.a. (I): Eine praktische Näherung der Nichtüberwachbarkeit von Netzen
10.3 *Serwin* (PL): Ein Algorithmus zur Erkennung von Pseudomessungseinsatz im überwachten System bei der Zustandsschätzung
10.4 *Hasegawa Nishiya* (Japan): Über die Verteilung von Messungen bei der Zustandsschätzung in Energiesystemen einschließlich der Bedingungen bei fehlenden Messungen
10.5 *Peljto* (YU): Eine neue Methode für die Verarbeitung fehlerhafter Daten bei der Zustandsschätzung von Energiesystemen
10.6 *Gjelsvik, Aaam, Holten* (N): Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate bei schwachbesetzten linearen Matrizen in stationären Energiesystemen zur Zustandsschätzung
10.7 *Rosseaux* u.a. (B): Dynamische Zustandsschätzung für Energiesysteme in zwei Stufen
10.8 *Venikov* u.a. (SU): Zustandsschätzung des Energiesystems für das rechnergestützte Antihavariesystem
10.9 *Kurzyn* (Australien): Zustandsschätzung zur Koordinierung von Verbundsystemen mit regionalen Energiesystemen

Themenkomplex 11: *Netzanpassungen*

11.1 *Glavitsch, Kronig, Bacher* (CH): Kombinierter Einsatz der linearen Programmierung und Lastflußverfahren zur Bestimmung optimaler Schaltfolgen
11.2 *Cheng, Galiana* (Kanada): Auswahl von Zufallsgrößen basierend auf den Lastflußgrenzen: Numerische Erfahrungen
11.3 *Allam* (Saudi Arabien): Ein iteratives Verfahren zur Zufallsanalyse von Energiesystemen
11.4 *Burri*, u.a. (CH): Eine Methode zur Bestimmung der geeigneten Netzmodellierung zur on-line-Sicherheitsanalyse
11.5 *Han* (China): Lastfluß nach Störungen unter Berücksichtigung von Frequenz, Spannung und Trägheitseinflüssen
11.6 *Thorp*, u.a. (USA): Bedingungen für das örtliche Verhalten in entkoppelten Spannungs-Blindleistungs-Netzuntersuchungen
11.7 *Carpentier, Girard, Scano* (F): Indikator für mögliche Spannungseinbrüche berechnet aus einem optimalen Lastfluß
11.8 *Oeding, Scheifele, Waider* (D): Maximale Kurzschlußströme bei pessimistischem Lastfluß im Vergleich zu Berechnungsergebnissen nach IEC TC 73

11.9 *Funk* (D): Berechnung von Kurzschlußströmen mit Impedanzkorrektur

11.10 *Doorman, Holen* (N): Stochastischer Lastfluß mittels analytischer und Monte Carlo Näherung einschließlich der Abhängigkeit zwischen Lasten

Themenkomplex 12: *Theorie und Modellierung von Netzen*

12.1 *Klos* (PL) *Aitchicon* (Kanada): Äquivalentierung von Netzen

12.2 *Arsamestsev, Bartolomey, Okulovski* (SU): Neue Methoden der quadratischen Programmierung für die Analyse sehr großer Elektroenergiesysteme

12.3 *Klos* (PL): Konsistenz von Lastflußgleichungen

12.4 *Ekwue* (Nigeria), *Adams* (GB): Algorithmus Entwicklung des Lastflusses 2. Ordnung für die Echtzeitanwendung

12.5 *Dommel* (Kanada) *Yan* (USA) *Shi Wei* (China): Einfache stationäre Lösungsmethode für Netze mit Oberschwingungen

12.6 *Hosemann* (D): Raumzeiger zur schnellen Berechnung von Ausgleichsvorgängen und digitale Darstellung des Dreiphasensystems in Echtzeit

12.7 *Calovic* (YU): Modellierung und Analyse von Transformator-Lastschalter-Regelsystemen

Themenkomplex 13: *Analyse von Ausgleichsvorgängen in Netzen*

13.1 *Stein* (D): Ein Leitungsmodell für ein Transientprogramm, das die induzierten Spannungen bei Blitzeinschlägen berücksichtigt

13.2 *Faria da Silva* (P): Irreguläre Eigenwerte bei der Analyse der Wellenausbreitung in mehrphasigen Systemen

13.3 *Basak, Boyle, Robertson* (GB): Modell für die Wanderwellenausbreitung auf verdrillten Höchstspannungskabeln zur Analyse von Ausgleichsvorgängen

13.4 *Barros, da Silva* (P): Ein nichtlinearer Algorithmus für die Wanderwellenausbreitung auf Übertragungsleitungen

13.5 *Korvink* (Südafrika): Berechnung von Zeitkonstanten und Resonanzfrequenzen in Netzen

13.6 *Oswald, Pundt, Siegmund* (DDR): Digitalprogramm zur Berechnung elektromagnetomechanischer Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystemen

13.7 *Oeding, Scheifele* (D): Kurzschlußströme von Asynchronmotoren berechnet mittels Laplace-Transformation

Ausgleichsvorgänge

Themenkomplex 14: *Simulationsprogramme für Ausgleichsvorgänge*

14.1 *Erlich, Pundt* (DDR): Digitalprogramm zur Simulation elektromechanischer Ausgleichsvorgänge im Mittel- und Langzeitbereich

14.2 *Illiev, Vasillev, Christov* (BG): Dynamisches Verhalten von Elektroenergiesystemen im Falle des Betriebes von Großgeneratoren in einem Regime mit reduzierter Blindleistung und Untererregung

14.3 *Avestisyan, Pahlevanian* (SU): Digitale Simulation von Elektroenergiesystemen unabhängiger Struktur

14.4 *Grossu, Mansour, Reichert* (CH): Übergeordnete dynamische Simulation von Elektroenergiesystemen

14.5 *Sekine* u.a. (Japan): Entwicklung eines exakten Simulationsprogramms für die dynamische Analyse von Kraftwerkssystemen bei Fehlern

Themenkomplex 15: *Ausgleichsvorgänge in kleinen Netzen*

15.1 *Smith, Stronach* (GB): Vorausbestimmung der Anforderungen hinsichtlich Strom und Drehmoment in autonomen Energiesystemen

15.2 *Zhezhelenko, Lipsky* (SU): Analyse und Simulation von Prozessen in Netzen von Industriebetrieben mit Digitalrechnern

15.3 *Drazler, Hendrich, Nikolaides* (D): Oberschwingungen von Stromrichterlasten und die Verzerrung von Spannungen

Themenkomplex 16: *Dynamische Modelle*

16.1 *Dickers, Rumpel* (D): Lastmodelle und vereinfachte KW-Modelle für Wiederaufbaustudien großer Systeme

16.2 *He Ren-mu, Germond* (CH): Ein dynamisches Modell für die Bestimmung der Lastmodellparameter auf der Grundlage von praktischen Messungen

16.3 *Hogg* (GB): Bestimmung des dynamischen Verhaltens von Kraftwerken

16.4 *Jarkovsky, Medulová, Fessl, Kartak* (CS): Dynamische Analyse einer 200-MW-Einheit mit Zwangsdurchlaufkessel

16.5 *Voropai* (SU): Vereinfachung der mathematischen Modelle von Energiesystemen für dynamische Prozesse verschiedener Länge

16.6 *Hagman, Jääskelainen, Keränen* (SF): Der Einfluß von Lasten mit Asynchronmaschinen auf das transiente Verhalten von großen Verbundnetzen

Themenkomplex 17: *Qualitative dynamische Analyse*

17.1 *Yamashiro, Koike* (Japan), *El-Haid* (USA): Schnelle transiente Bewertung und Erhöhung der Sicherheit von Elektroenergiesystemen mittels Zeichenerkennung

17.2 *Cheban*, u.a. (SU): Bewertung der transienten Stabilität von Elektroenergiesystemen und Auswahl der Regelmaßnahmen

17.3 *Fonad* (USA): Direkte Bewertung der transienten Stabilität mittels Energiefunktionen: Stand und Aussichten

17.4 *Udo* (Japan): Eine Methode der Systemauftrennung zur Stabilisierung von aufgetrennten Energiesystemen auf der Basis der Energiefunktion

17.5 *Sallam* (Ägypten), *Dineley* (GB): Anwendung der Katastrophentheorie für statische Stabilität von Energiesystemen – Ein Vergleich mit dem Energiegleichgewichtsverfahren

17.6 *Anderson* (USA): Eine Lösung für die direkte stochastische Analyse der Stabilität von Energiesystemen

17.7 *Iliev* (BG): Rationale Wahl der örtlichen Lage von Elementen des Elektroenergiesystems im Hinblick auf die Fähigkeiten zur Systemdämpfung

Themenkomplex 18: *Lineare Analyse von Ausgleichsvorgängen*

18.1 *Tamura*, u.a. (Japan): Über die Möglichkeit der parametrischen Resonanz in Energiesystemen – Ein neues Konzept der Energiesystemstabilisierung

18.2 *Harley, Lahoud, Balda* (Südafrika): Subsynchrone Resonanz einer Synchronmaschine mit geteilter Rotorwicklung

18.3 *Xin, Hua, Ping* (China): Berechnung und Analyse der Energiesystemdämpfung bei nichtfrequenten elektromechanischen Schwingungen in Verbundsystemen

18.4 *Sancha, Perez-Arriaga* (E): Eine dezentralisierte Methode zur Bewertung der oszillatorischen Stabilität von Mehrmaschinensystemen

18.5 *Prachin, Bratolyubov, Ratmanov* (SU): Kriterien der statischen Stabilität von komplexen Energiesystemen und der Einfluß von Frequenzabweichungen

18.6 *Venikov*, u.a. (SU): Dämpfung von elektromechanischen Schwingungen in automatisch geregelten Elektroenergiesystemen mit vielen Maschinen

18.7 *Sekine, Yokohama* (Japan): Dynamische Stabilitätsanalyse mit Berücksichtigung der Mehrfachlösungen des Lastflusses und Lastcharakteristiken

18.8 *Marconato, Scarpellini* (I): Linearisiertes Modell von Elektroenergiesystemen für Studien der statischen Stabilität bei Vorhandensein von HGÜ-Verbindungen

18.9 *Ramsay, Sulley* (GB): Eigenwertanalyse des Einflusses von Kraftwerken im Norden Schottlands auf die dynamische Stabilität

18.10 *Pagola, Perez-Arriaga* (E): Ausführung von Stabilisatoren für Energiesysteme mittels Eigenwertempfindlichkeitsverfahren und selektiver Modalanalyse

18.11 *Stanchev*, u.a. (BG): Koordination zwischen einem automatischen Spannungsregler und einer Einheit zur Minimierung der Erregungsbegrenzung

Steuerung und Regelung

Themenkomplex 19: *Regelzentren*

19.1 *Ming-Jun*, u.a. (China): Erfahrungen mit der Einführung eines modernen Regelzentrums im Regelzentrum des Hubei-Energiesystems

19.2 *Broussolle*, u.a. (F): Die open-loop Sicherheitsüberwachung des neuen Prozeßrechners des nationalen Regelzentrums der EDF

19.3 *Endo*, u.a. (Japan): Zentrales Lastverteilersystem für die Tohoku-Energieversorgung in Japan

19.4 *Lightfoot, Converti* (USA): Erfahrungen bei der Einführung eines Sicherheitssystems bei der öffentlichen Energieversorgung Arizona

19.5 *Brousolle*, u.a. (F): Überbrückung der Lücke zwischen Echtzeitregelung und der täglichen Betriebsplanung von Energiesystemen – Die EDF-Lösung

19.6 *Sterlin, Irving* (GB): On-line-Rechnersteuerung von Energiesystemen

19.7 *Mittenmeier, Lang, Achomeit* (D): Topologieorientierte Netzbeschreibung für die Energiesystemregelung

Themenkomplex 20: *Stabilisierende Laststeuerung*

20.1 *Ohsawa, Miyauchi, Hayashi* (Japan): Stabilisierende Regelung für Energiesysteme durch eine supraleitende Speicherspule

20.2 *Yiqun, Gnojin, Lianxin* (China): Eine optimale Regelgüte auf Mikroprozessorbasis der dynamischen Bremsung

20.3 *Findlay, Maria, Wong* (Kanada): Stabilitätsgrenzen für das Bruce-Last-Generator-Regel-Schema

20.4 *Bongers, Haubrich, Wohlfarth* (D): Verhalten von Inselnetzen im Mittelzeitbereich

Themenkomplex 21: *Steuerung von Schalthandlungen*

21.1 *Pringels, Trecat* (B): Neues Verriegelungsschema mittels Mikrocomputer für Umspannwerke

21.2 *Paiva, Pinto de Sa, Barruncho* (P): Steuerung und Automatisierung von Verteilungsstationen mittels Mikroprozessor

21.3 *Matsumoto, Sakaguchi, Uemura* (Japan): Überprüfung von Schaltmaßnahmen mit zeitabhängiger Logik

Themenkomplex 22: *Automatische Generator- und Lastflußregelung*

22.1 *Li Chao-an, Fan Ming-Tian* (China): Lösung der automatischen Generatorregelung mittels Kompensationsmethode

22.2 *Hiyama, Suyama, Hayashi* (Japan): Diskrete automatische KW-Regelung zweier Netze mit thermischen Kraftwerken und verschiedenen Verbindungsleitungen

22.3 *Kumar, Malik, Hope* (Kanada): Anwendung eines variablen Systemkonzeptes für Energiesystem-Regelprobleme

22.4 *Welfonder* (D): Empfindlichkeitsstudie bezüglich des Regelverhaltens des Westeuropäischen Verbundsystems

Themenkomplex 23: *Digitaler Relaisschutz*

23.1 *Bornard*, u.a. (F): Anwendung von Digitalrelais für Höchstspannungsübertragungsleitungen, Algorithmus und Aufbau von Arithmetik- und Logik-Prozessoren

23.2 *Dasgupta, Malik, Hope* (Kanada): Digitaler Impedanzschutz mittels Kalman-Filter

23.3 *Toyoda* (Japan): Ein effektives Verfahren zur Einschätzung von Rechnerrelaissystemen

23.4 *Bornard, Erhard, Pavard* (F): „MORGAT": Ein digitaler Simulator für Untersuchungen von Höchstspannungsrelaissystemen

23.5 *Eichhorn* (D), *Lobos* (PL): On-line-Bestimmung von symmetrischen Komponenten durch Abtastung

Themenkomplex 24: Ausführung von Reglern

24.1 *Amerongen*, u.a. (NL): Analyse und Synthese eines Systems zur Spannungs-Leistungs-Regelung

24.2 *Maun, Poncelet* (B): Parametrischer Regler einer Maschineneinheit

24.3 *Longchamp, Roch* (CH): Ein Regler für Energiesysteme mit verschiebbarem Regelbereich

24.4 *Vaahedi, Noble, Macdonal* (GB): Erhöhung der Stabilität des Energiesystems durch optimale Regelung

24.5 *Ohtsulka*, u.a. (Japan): Mehrfachveränderliche optimale Regler für Erreger- und Turbinenregler

24.6 *Tawtik, Abul-Wafa, Talaat* (Ägypten): Nichtlineare optimale Regelung eines Mehrmaschinensystems mittels Einspeiseleistung und/oder Erregerregelung

24.7 *Harley, Meillon* (Südafrika); Janischewskyj (Kanada): Praktische Einführung der diskontinuierlichen Regelung in den Feldreglerkreis

24.8 *Björnsson, Cuno* (D): Eine rechnergestützte Methode zur Entwicklung von Reglern für Energiesysteme

H. Pundt, Dresden EA 1823

Hinweis

Vom 29. August 1984 bis zum 6. September 1984 fand in Paris die

30. Session der CIGRE 1984

statt.

Im Heft 1/85 der Fachzeitschrift ELEKTRIE finden Sie zusammenfassende Berichte aus der Tätigkeit der einzelnen Studienkomitees (SC) dieser Tagung.

Vertreter des Nationalkomitees CIGRE der DDR, die an den Beratungen teilgenommen haben, geben einen Überblick zu wesentlichen Aspekten der CIGRE-Berichte und über die Diskussionen zu den behandelten Fragen.

Die Redaktion

Optoelektronische Sensorsysteme

Fachtagung vom 11.—14. 9. 1984 in Wismar

Die Sektion Technologie der Elektrotechnik/Elektronik der Ingenieurhochschule Wismar griff mit „optoelektronischen Sensorsystemen" eine aktuelle Problematik auf. Solche Einrichtungen finden bereits zahlreiche Anwendungen in der Industrie, z. B. zur Durchmesserbestimmung in der Kabelfertigung, Werkzeugverschleiß- und Bruch-Überwachung, Meßeinrichtungen auf Hochspannungspotential, an rotierenden Teilen und an vielerlei Stellen im Fertigungsprozeß. Über 250 Teilnehmer aus allen Bezirken der Republik sowie aus dem sozialistischen Ausland waren zu den 59 Vorträgen angereist. Dabei wurde in Diskussionen und Pausengesprächen deutlich, daß ein Großteil der Besucher aus der Industrie kam.

Plenarveranstaltung

In einer Plenarveranstaltung sprach der Vorsitzende der WGMA in der KDT, Prof. Dr. *Richter*, zur Problematik der Sensoren und intelligenten Meßsysteme in der Automatisierungstechnik. Er machte deutlich, daß die Ablösung der menschlichen Arbeitskraft durch Maschinen auch bedeutet, daß dem „Prozeß Intelligenz entzogen" werde. Diese müsse durch intelligente Meßsysteme in bestimmtem Umfang ersetzt werden. Da der Mensch den größten Teil aller Informationen mit dem Gesichtssinn aufnimmt, komme der Optoelektronik eine besondere Aufgabe zu. Prof. *Herlitzius* entwickelte zehn „Technikgesetze", die unter anderem besagen, daß jede neue Technik mit Hilfe unvollkommener älterer Technik produziert werden kann und muß. Prof. *Tembrock* referierte über optische Informationsprozesse in Organismen und wies auf vielfältige Erkenntnisse und offene Probleme hin, bei denen Biologie und Technik gemeinsam und sich gegenseitig befruchtend Lösungen erarbeiten können.

Optoelektronische Aufnehmer

In der Themengruppe „Optoelektronische Aufnehmer", in der ausschließlich Gäste referierten, kam im Übersichtsvortrag mit Prof. *Schreier* ein Physiker zum Thema der optischen Bildvorverarbeitung zu Wort. Überall dort, wo hohe Datenraten, simultane oder dreidimensionale Bilder Probleme bereiten, lasse sich oft die Vorverarbeitung zur Redundanzerniedrigung anwenden.
In den weiteren Vorträgen dieser Themengruppe ging es um die Technologie von Siliziumdioden, meßtechnische Untersuchungen, z. B. zur Shading-Korrektur, an den im Werk für Fernsehelektronik Berlin gefertigten CCD-Zeilensensoren, aber auch um den Komplex der Lichtleitertechnik. Angefangen mit der Lichtleiterkompatibilität von Lichtschranken und Temperatursensoren über die Nutzung von Lichtleiterverbindungen in der Meßtechnik bis zu Lichtleiterfasersensoren reichte das Vortragsspektrum. *Bochert* (AdW Berlin) stellte einen billigen optoelektronischen Impulsgeber zur Drehzahlerfassung vor, mit dessen Hilfe Drehzahlen „quarzgenau" gesteuert werden können.

Signalverarbeitung

In der Themengruppe „Signalverarbeitung" standen Fragen der schnellen Verarbeitung von Signalen im Mittelpunkt, da die modernen optoelektronischen Aufnehmer wie die CCD-Zeilen derart hohe Datenraten liefern können, daß eine Echtzeitverarbeitung nur nach einer drastischen Datenreduktion möglich ist.
Prof. *Krambeer* von der gastgebenden Hochschule ging in seinem Übersichtsvortrag auf Prinzipien und Strukturen der digitalen Signalverarbeitung ein und kam zu der Feststellung, daß die Anforderungen an Signalprozessoren schneller steigen, als die Leistungsfähigkeit der angebotenen Typen. Deswegen sei es erforderlich, solche Fragen wie die Koppelbarkeit von Signalprozessoren untereinander und die Zusammenarbeit als Co-Prozessor mit Mikrorechnern zu beachten.
Von der Programmiertechnik über Messungen an Signalprozessoren bis zu deren Einsatz in der Signalanalyse und der Bildverarbeitung reichte die Palette der weiteren Vorträge, deren Referenten ausschließlich aus Instituten der Akademie der Wissenschaften der DDR oder von Universitäten und Hochschulen kamen.

Anwendung optoelektronischer Sensorsysteme

Den größten Teilnehmerandrang — der den Veranstalter zum Umdisponieren der Räume veranlaßte — hatte die Themengruppe „Anwendung optoelektronischer Sensorsysteme" zu verzeichnen. Im Übersichtsvortrag ging Prof. *Schmidt*, Direktor der gastgebenden Sektion, auf „Visuelle Sensorsysteme und ihr Einsatz für industrielle Prüfprozesse" ein. Diejenigen optoelektronischen Sensorsysteme, die im Bereich des sichtbaren Lichts arbeiten — deswegen „visuelle" Sensorsysteme — können Sichtprüfungsaufgaben, die bisher dem Menschen vorbehalten waren, übernehmen.
Industrielle Prüfprozesse verlangen, daß die große aufgenommene Datenmenge reduziert wird bis auf 1 bit — die ja-nein-Entscheidung als Prüfergebnis. Im Unterschied zu Erkennungsaufgaben anderer Art kommt es bei Fließprozessen der Industrie darauf an, die Datenreduktion möglichst schnell zu erreichen, um den Mikrorechner von Redundanz zu entlasten. Als Einsatzbereiche für Belange der Meß- und Prüftechnik wurden genannt:

1. Prüfung auf Vorhandensein
2. Automatisierung von Ablesungen
3. Vermessen von Ausmaßen
4. Bestimmung von Positionen
5. Prüfung von Oberflächen.

Franke (Ilmenau) stellte das modulare optoelektronische Erkennungssystem IBS 2 vor, das für Roboteranwendungen konzipiert wurde. *Schwarz* (Wismar) erläuterte ein schnelles System für die visuelle Qualitätskontrolle, das für die Prüfung eines Objekts mit 1024×1024 Bildpunkten einschließlich der Verarbeitung der Daten bis zur Entscheidung über die Zuordnung zu einer von vier Qualitätsklassen nur 0,3 s benötigt. Weitere Vorträge befaßten sich mit Lösungen für die Durchmesserbestimmung bzw. -überwachung von Walzgut, gezogenen Drähten. Exzentrizität von Laufrädern, Temperaturverteilungsermittlung von Schweißflammen, Schweißnahtverfolgung und -steuerung und mehrere Fälle der Längenmeßtechnik. Interessante Diskussionen gab es vielfach, besonders auch zu von *Ulrich* (Görlitz) vermittelten Erfahrungen beim Einsatz von Zeilensensoren.
Die Veranstalter hatten zu einer Ausstellung realisierter Lösungen aufgerufen. Zehn Exponate waren meist dicht umlagert, ein Stichwortregister mit Literaturnachweisen fand zahlreiche Interessenten.
Zu den Themen der einzelnen Vorträge kann auf Heft 8/84 der Fachzeitschrift ELEKTRIE (AKTUELLE INFORMATIONEN, S. 282) verwiesen werden.
Die Vorträge wurden zum großen Teil in den „Wissenschaftlichen Beiträgen" der IH Wismar (Sonderheft 3/84 und 4/84) gedruckt und standen den Tagungsteilnehmern zur Verfügung. Es ist beabsichtigt, dieses Thema 1987 wiederum auf die Tagungsordnung zu setzen, und man kann wohl sicher sein, daß bis dahin viele Zuhörer des Jahres 1984 ihre Erfahrungen als Referenten beisteuern können.

D. Schmidt, Wismar EA 1827

Hinweis für alle Bezieher im Ausland

Bitte erneuern Sie rechtzeitig Ihr Abbonnement für die Fachzeitschrift

ELEKTRIE,

damit Sie sich für 1985 wieder den Bezug aller Ausgaben sichern.

Wir freuen uns, daß Sie auch weiterhin zu den regelmäßigen Lesern unserer Publikation gehören.

Не забудте заблаговременно продлить подписку на журнал

ELEKTRIE

на 1985 год. чтобы исключить перебои в получении всех номеров журнала в течение всего года. Мы рады, что вы и дальже будете регулярными читателями нашей публикации.

Please renew your subscription to journal

ELEKTRIE

in time, in order to provide again the delivery of all issues of the 1985 volume. We are glad, that you will belong to the readers of our periodical in future, too.

ZEITSCHRIFTEN

Havarie im Elektroenergiesystem Schwedens am 27. 12. 1983

Semenov, V. A.: Energochosjaistvo sa rubešom (1984) 4, S. 13—16

Im Elektroenergiesystem Schwedens ereignete sich am 27. 12. 1983 um 13 Uhr eine Systemhavarie, infolge derer der gesamte Südteil des Landes mit der Hauptstadt Stockholm ausfiel. Der Verbraucherausfall betrug 11400 MW. Das entspricht 67 % der Gesamtbelastung Schwedens zum Zeitpunkt der Havarie. Der Havarieschaden liegt in der Größenordnung von 200 bis 300 Mill. Schwedischen Kronen. Der Schaden für die Energetik beträgt etwa 20 Mill. Der Löwenanteil entfiel auf die Verbraucher mit 180 bis 280 Mill. Schwedischen Kronen.

Das 400-kV-Netz Schwedens wurde ursprünglich zum Transport der Energie von den Wasserkraftwerken im Norden zu den Verbraucherschwerpunkten im Süden errichtet. Im Vorhavarieregime betrug der Leistungsfluß vom Norden nach dem Süden 5600 MW bei einer zulässigen Normalbelastung dieses Nord-Süd-Abschnittes von 6000 MW. Um 12.20 Uhr ging ein Kernkraftwerksblock mit einer Leistung von 490 MW außer Betrieb. In diesem Zeitraum erteilte die Hauptlastverteilung Schwedens außerdem die Genehmigung zur Außerbetriebnahme eines überhitzten Trenners im 400-kV-Umspannwerk Hamra (50 km nordöstlich von Stockholm).

Um 12.57 Uhr wurde bei den Umschaltarbeiten im Umspannwerk Hamra ein Trenner beschädigt. Das führte zu einem einpoligen Kurzschluß im Sammelschienenbereich. Der Differentialschutz der Schienen schaltete daraufhin beide Schienen, die durch einen Kuppelschalter verbunden waren, vier 400-kV-Leitungen und drei 400/220-kV-Transformatoren einer Gesamtleistung von 1300 MVA aus. Dieser Ausfall bewirkte eine Überlastung der Leitungen vom Norden, und die Spannung sank im Süden teilweise auf 350 bis 360 kV. Acht Sekunden nach dem Ausfall des Umspannwerkes wurde eine stark überlastete 220-kV-Leitung vom Norden von einem speziellen Überlastschutz ausgeschaltet. Die Hauptlastverteilung gab daraufhin das Kommando zum Start der Gasturbinen. 53 s nach dem Ausfall von Hamra wurde die am stärksten belastete 400-kV-Leitung vom Norden vom Distanzschutz ausgeschaltet. Infolge der Überspannung am freien Ende dieser Leitung entstand ein einpoliger Kurzschluß. Auf die dabei in dieser Leitung zirkulierende Nullkomponente reagierte über die Gegeninduktion der entsprechende Schutz in einem Umspannwerk im Norden, wodurch zwei weitere unbeschädigte 400-kV-Nord-Süd-Leitungen ausgeschaltet wurden. Daraufhin teilte sich das schwedische System in einen Nord- und einen Südteil und trennte sich von Norwegen und Schweden. Das Defizit von 7000 MW führte zu einer Frequenzsturz-Geschwindigkeit von 2 bis 4 Hz/s. Daraufhin brach das Südnetz vollständig zusammen.

Infolge des ebenfalls sehr scharfen und schnellen Spannungseinbruchs sprach nur die Hälfte der Relais zur automatischen Frequenzentlastung (AFE) an. Nach Meinung der schwedischen Spezialisten hätte auch das vollständige Ansprechen der AFE-Relais den Totalzusammenbruch des Südteiles nicht vermieden, wegen der zu großen Abfallgeschwindigkeit der Spannung und Frequenz. Im Südnetz konnte sich kein Kraftwerksblock auf Eigenbedarfsinsel halten.

Die Frequenz im Nordnetz wuchs innerhalb von 5 s nach der Trennung auf 54 Hz an. Daraufhin wurden vom Überfrequenzschutz ein Teil der Wasserkraftwerksgeneratoren ausgeschaltet. Zwölf Sekunden nach der Trennung pegelte sich die Frequenz auf 50,05 Hz ein.

13,48 Uhr war das 220- und 400-kV-Netz wieder aufgebaut. 21 Uhr konnten alle Gasturbinen außer Betrieb genommen werden. 22.35 Uhr wurde der erste Kernkraftwerksblock ans Netz geschaltet. Der letzte bei dieser Havarie ausgefallene Kernkraftwerksblock war jedoch erst am übernächsten Tag um 14.44 Uhr wieder am Netz.

E. Broßmann, Berlin EA 1824

Die Elektroenergetik der Welt 1981

Lebedev, B. P.: Energochosjaistvo sa rubešom (1984) 4, S. 43—46

Land	Installierte Kraftwerksleistung [GW]				Pro-Kopf-Elektroenergieverbrauch [kWh]
	Wärme-	Wasser-	Kernkraft-	insgesamt	
Europa					
Österreich	4,7	9,2	–	13,9	5102
Belgien	8,2	1,3	1,6	11,1	5192
VR Bulgarien	5,8	1,9	1,3	9,0	4457
UVR	4,8	0,042	–	4,8	3007
DDR	17,0	1,9	1,8	20,7	6121
Griechenland	4,2	1,7	–	5,9	2446
Dänemark	4,5	0,008	–	4,5	4923
Westberlin	2,2	–	–	2,2	4237
Irland	2,8	0,5	–	3,3	3171
Island	0,15	0,6	–	0,75	14246
Spanien	15,5	12,7	2,0	30,2	2940
Italien	30,6	15,9	1,1	47,6	3345
Luxemburg	0,17	1,1	–	1,3	11324
Malta	0,11	–	–	0,11	1525
Niederlande	18,0	–	0,5	18,5	4544
Norwegen	0,2	20,1	–	20,3	21345
VR Polen	23,4	1,3	–	24,7	3202
Portugal	1,9	2,6	–	4,5	1713
SR Rumänien	13,1	3,5	–	16,6	3117
Großbritan.	61,2	2,5	6,5	70,2	4974
BRD	66,1	6,5	9,8	82,4	6097
Finnland	6,3	2,5	2,2	11,0	8607
Frankreich	28,8	19,5	21,6	69,9	5143
ČSSR	13,4	2,6	0,9	16,9	4966
Schweiz	0,7	11,5	1,9	14,1	6278
Schweden	8,0	14,9	6,4	29,3	12122
SFRJ	7,7	6,3	0,6	14,6	2651
Asien					
Indien	22,3	12,2	0,9	35,4	184
VR China	48,0	23,0	–	71,0	313
KVDR	2,5	4,0	–	6,5	1965
Südkorea	8,9	1,2	0,6	10,7	1128
Türkei	3,0	2,1	–	5,1	549
Japan	102,1	31,6	16,3	150,0	4958
Afrika					
DVR Algerien	1,7	0,3	–	2,0	366
ARÄ	1,95	2,55	–	4,5	428
Südafrika	20,2	0,6	–	20,8	295
Amerika					
Argentinien	8,0	3,8	0,4	12,2	1400
Brasilien	6,5	31,3	–	37,8	1170
Kanada	28,9	49,2	5,6	83,7	14198
Kuba	2,66	0,04	–	2,7	1080
Mexiko	13,3	6,6	–	19,9	991
USA	513,9	77,4	60,8	652,1	10438
Australien und Ozeanien					
Australien	17,6	6,5	–	24,1	6907
Neuseeland	1,8	4,0	–	5,8	7266

E. Broßmann, Berlin EA 1826

Halleffekt- und Permalloy-Stromsensoren

Hencke, H.: Elektronik (1984) 13, S. 78 bis 81

Mit Hilfe neuentwickelter magnetisch empfindlicher Sensoren auf Halleffekt- und Permalloy-Basis sind galvanisch getrennte, rückwirkungsfreie, präzise Messungen von Gleich- und Wechselströmen von 0,1 bis 1000 A im Frequenzbereich von 0 bis 100 kHz möglich.

Außer nach den Funktionsprinzipien Halleffekt und Widerstandsänderung von Permalloy unterscheiden sich die Stromsensoren nach der Art ihres Ausgangssignals in digitale und analoge Ausführungen. Die Strommesser besitzen eine Öffnung für das stromdurchflossene Kabel. Zur Erhöhung der magnetischen Flußdichte verwendet man offene Ferritringe oder eine ferromagnetische Spirale, in deren Luftspalt der magnetisch empfindliche Meßfühler angeordnet ist. Die Ausgangsspannung des Meßfühlers wird von der nachgeschalteten Signalaufbereitung temperaturkompensiert, verstärkt oder getriggert und in ein analoges oder digitales Ausgangssignal umgewandelt.

Permalloy-Stromsensoren bieten gegenüber der Halleffektausführung einige Vorteile: Sie besitzen eine bessere Linearität und aufgrund des höheren Signalpegels am Meßfühler einen höheren Rauschabstand. Als analoge Stromsensoren werden sie jedoch nur für Gleichstrommessungen eingesetzt. Die digitale Ausführung erfaßt sowohl Gleich- als auch Wechselströme, der Ausgang schaltet jedoch bei Wechselstrom während jeder Halbwelle kurzzeitig aus. Permalloy-Sensoren arbeiten im Temperaturbereich — 20 bis + 85°C mit < 10 µs Ansprechzeit in Analog- und < 100 µs Ansprechzeit in Digitalausführung.

Halleffekt-Stromsensoren sprechen mit < 8 µs schneller an und erfassen alle Gleich- und Wechselströme von 0 bis 100 kHz analog und digital. Somit sind sie für Wechselstrommessungen besser geeignet. Die auf der Verstärkerplatine befindlichen Dual-in-line-Schalter und Potentiometer sind für verschiedene Nennströme stufenlos einstellbar. Die Betriebstemperatur beträgt — 40 bis + 85°C.

Digitale Stromsensoren erfüllen einfache Steuerungs- und Überwachungsfunktionen wie z. B. Alarmauslösen, Motor schalten, Überlast abschalten.

Analoge Stromsensoren werden zunehmend in regelbaren Antrieben verwendet. Weitere Einsatzgebiete sind z. B. Elektrofahrzeuge, Prüfgeräte für Autobatterien, Heizstromregler, Elektroschweißgeräte, Hochspannungsanwendungen und medizinische Einrichtungen.

W. Knuth, Berlin EA 1846

Sie können wesentlich zur einwandfreien Drucklegung ihres Manuskripts beitragen wenn Sie unsere

Hinweise für Autoren zur Gestaltung von Manuskripten für die Fachzeitschrift ELEKTRIE

beachten. Auf Anforderung versenden wir Sonderdrucke dieser Richtlinie.

Die Redaktion

BÜCHER

Relaisschutztechnik in Elektroenergiesystemen

Von *H. Clemens* und *K. Rothe*. Berlin: VEB Verlag Technik 1983. 2. durchgesehene Auflage. 324 Seiten, 258 Bilder, 24 Tafeln, 136 Lit., Kunstleder, 24,— Mark.
Bestell-Nr. 552 71 64

Die in der Praxis sowie in Forschung und Lehre erfahrenen Autoren Dr.-Ing. *H. Clemens* vom Institut für Energieversorgung Dresden, und Prof. Dr.-Ing. *K. Rothe* von der Ingenieurhochschule Zittau haben ein inzwischen im Direkt- und Fernstudium gut eingeführtes Lehrbuch vorgelegt, das auch von vielen Praktikern als Nachschlagwerk gern benutzt wird. So erklärt sich auch die bereits nach 3 Jahren notwendig werdende 2. (durchgesehene) Auflage.
In methodisch beeindruckender Form und durch wohldurchdachtes und für dieses Buch meist neu erarbeitetes Bildmaterial unterstützt, wird der Leser von der Aufgabenstellung für die Schutztechnik (Einleitung) über die Behandlung der klassischen Schutzkriterien Strom, Stromdifferenz, Impedanz, Wirkleistungsrichtung, Phasenwinkeldifferenz, Spannung, Temperatur usw. (Kapitel 2) über die ausführliche Behandlung der Geräte und Meßglieder zur Verarbeitung der kriteriellen Größen (Kapitel 3), der Wandler zur Meßgrößenerfassung und Aufbereitung (Kapitel 4) und eine Übersicht über die Hilfsenergiebereitstellung (Kapitel 5) zur Auswahl und detaillierten Behandlung des Objektschutzes (Kapitel 6 bis 12) geführt.
In logischen Schritten erschließen sich die physikalisch-technischen Zusammenhänge für die Funktion, die jeweilige Spezifik aber auch für die Einsatzgrenzen der einzelnen schutztechnischen Lösungen am Beispiel des Leistungs-, Transformatoren-, Generatoren-, Sammelschienen-Motor- und Anlagenschutzes.
Im Kapitel 1 werden aktuelle Forschungsergebnisse zur Zuverlässigkeit, deren Berechnung und Bewertung, aus der Aufgabenstellung des Netzbetriebes mitgeteilt. Schließlich wird im Kapitel 14 ein Ausblick gegeben auf den Einsatz von Digitalrechnern für Schutzzwecke, auf die sich daraus erschließenden Möglichkeiten, z. B. für neue Anregekriterien aber auch auf die an Bedeutung gewinnenden Fragen der Qualität der Hilfsenergieversorgung und der Beeinflussung durch elektrische oder magnetische Felder.
Das Buch kann als Lehrbuch und Nachschlagwerk nur bestens empfohlen werden. Es wird auf Grund der Darstellungsweise (nicht erzeugnisgebunden) praktisch nicht veralten. Das Kapitel 14 und damit im Zusammenhang auch die Kapitel 5 und 13 müssen natürlich entsprechend dem wissenschaftlich technischen Fortschritt zu gegebener Zeit entsprechend erweitert werden.

H. Ambrosch, Dresden EA 1837

Elektrische Starkstromanlagen

Stromsysteme, Netze, Leitungen, Kurzschlußschutz

Von *H. Fehling*. Berlin (West), Offenbach: VDE-Verlag 1983. 385 Seiten

Dieses Lehrbuch gliedert sich in 3 Hauptabschnitte

- Mehrphasensysteme, elektrische Leitungen und Netze in Starkstromanlagen
- Kurzschlüsse in elektrischen Starkstromanlagen und ihre Berechnung
- Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen in elektrischen Starkstromanlagen.

Es wendet sich vor allem an Studenten, besonders im Fachschulbereich. Laut Zielstellung im Vorwort soll der Student befähigt werden, mit Hilfe des Buches Zugang zu den einschlägigen Vorschriften (VDE, DIN) zu finden, um sie als Zusatzliteratur zu verwenden.

Beim heutigen Stand der Vorschriften ist das eine sehr wichtige und begrüßenswerte Zielstellung, weil die Vorschriften zwar eine konzentrierte Zusammenfassung neuester Erkenntnisse und Erfahrungen enthalten, aber für Studenten sehr schwer zu erschließen sind, da Begründungen, Ableitungen oder Erläuterungen nicht gegeben werden.

Im ersten Teil (Mehrphasensysteme, elektrische Leitungen und Netze in Starkstromanlagen) werden die Grundlagen der Drehstromtechnik und die Netzberechnung übersichtlich und mit pädagogischem Geschick, vom Einfachen zum Komplizierten fortschreitend, anhand von vielen Beispielen dargestellt.

Im zweiten Teil (Kurzschlußberechnung) stellt der Verfasser die Berechnungsverfahren vor und entwickelt und erläutert sie aus den Ausgleichsvorgängen im induktiv-ohmschen Grundstromkreis.

Übergangsvorgänge im Zusammenspiel mit magnetomechanischen Prozessen (Generatoren, Motoren) und Einschwingvorgänge nach Kurzschlußstromunterbrechung werden nicht behandelt. Mechanische und thermische Wirkungen von Kurzschlußströmen werden angedeutet.

Im dritten Teil (Schaltgeräte und Schutzeinrichtungen) dominieren Beschreibungen von Geräten und zum Schutz. Im Abschnitt Schaltanlagenbau wird ein Begriff benutzt, der sich hoffentlich *nicht einbürgert:* „fremdisolierte" Schaltanlagen für alle nicht luftisolierten Anlagen. (Die bisherige Praxis, die Anlagen nach dem Isolierstoff zu bezeichnen, erscheint viel informativer: SF_6-Anlagen [oder SF_6-isolierte Anlagen oder gasisolierte Anlagen]; feststoffisolierte Anlagen.)

Insgesamt ein informatives und leicht faßlich geschriebenes Buch, dessen Titel aber nicht ganz stimmt. Das Buch umfaßt nicht die Probleme der Starkstromanlagen insgesamt, sondern behandelt hauptsächlich Fragen der Stromberechnung, insbesondere der Kurzschlußstromberechnung im Elektroenergiesystem.

H. Böhme, Dresden EA 1810

Transformatorenstationen für Abnehmer

Von *J. Goldnau* und *E. Süß*. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1982. 1. Auflage. 222 Seiten, 108 Bilder, 42 Tafeln, Pappband 18,— Mark.
Bestell-Nr. 541 61 30

Die Autoren, beide auf diesem Gebiet erfahrene Ingenieure aus dem Energiekombinat Karl-Marx-Stadt, legen in enger Zusammenarbeit mit dem Fachunterausschuß „Ortsnetzstationen" der KDT ein Buch vor, das in übersichtlicher Form über die Probleme der Planung, Projektierung und das Betreiben von Transformatorenstationen umfassend informiert.

Da es in erster Linie für Leiter, Ingenieure und das Betriebspersonal kleiner und mittlerer Industrie- und Landwirtschaftsbetriebe gedacht ist, sind die einleitenden Abschnitte über Auslegung, Schaltungsaufbau, Gestaltung, Abstimmungen mit Energieversorgungsbetrieben und staatlichen Dienststellen sowie die Hinweise auf Rechtsvorschriften unentbehrlich.

Kernstück des Buches ist die Zusammenstellung aller in der DDR lieferbaren standardisierten und nicht standardisierten Transformatorenstationen (100 von insgesamt 222 Seiten). In minutiöser Kleinarbeit sind jeweils nach einer einleitenden allgemeinen Charakteristik alle bautechnischen und elektrotechnischen Angaben zusammengetragen und kommentiert. Grundsätze und Empfehlungen zur Wahl sind dieser Übersicht vorangestellt. Leider fehlen Angaben zu den Geräuschpegeln außerhalb der Stationen.

Die elektrotechnischen Baugruppen Mittel- und Niederspannungsanlagen, Transformator, Schutz- und Verrechnungsmeßeinrichtung werden anschließend soweit behandelt, wie sie für das Verständnis der nachfolgenden Abschnitte Inbetriebnahme und Betreiben von Transformatorenstationen erforderlich sind.

In dem Abschnitt Betreiben von Transformatorenstationen (etwa 50 Seiten) sind die langjährigen Erfahrungen der Autoren beim Betrieb von Ortsnetz- und Abnehmerstationen eingeflossen. Er gibt einen umfassenden und in der Darstellung gelungenen Überblick über alle organisatorischen, technischen und technologischen Fragen in diesem Zusammenhang.

Der Test ist gut lesbar und verständlich. Das umfangreiche Bildmaterial ist gut ausgewählt. Der Stoff ist durch Gliederung und Sachwörterverzeichnis gut aufgeschlossen.

Das Buch kann dem angesprochenen Leserkreis — darüber hinaus aber auch dem Betriebspersonal in den Energiekombinaten — empfohlen werden.

H. Ambrosch, Dresden EA 1838

Нерлингер, П.: **Метод определения научнотехнического уровня источников света общего освещения**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 445—446, 1 табл., 5 уравн., 8 лит.

Приводится метод определения научно-технического уровня источников света, пригодный для сравнения изделий. При этом определяется соотношение потребительной стоимости и стоимости изделия в виде коэффициента эффекта/стоимости.

Нерлингер, П.: **Коэффициент эффекта/стоимости преобразователя энергии „источник света"**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 447—450, 5 рис., 7 уравн., 7 лит.

Соотношение потребительной стоимости и стоимости изделия — „коэффициент эффекта/стоимости" источников света представляется как произведение двух функций, одна из которых отображает физические принципы действия а вторая — технико-технологический уровень и экономические условия.

Хогер, Е.-К.; Тротц, Й.: **Показатели мощности люминесцентных ламп при повышенной рабочей частоте и разных видах люминофоров**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 450—453, 9 рис., 5 табл., 6 лит.

Определяются показатели излучения и мощности люминесцентных ламп и делается заключение о мерах оптимизации люминофоров и рабочей частоты, предлагаемых для технически законченных систем.

Амлонг, У.-Й.; Шёпе, Х.: **Натриевые лампы высокого давления и некоторые их особенности в практическом применении**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 454—456, 8 рис., 2 табл., 4 лит.

Натриевые лампы высокого давления в течении срока службы их показывают характеристику светового потока, отличающуюся от характеристики светового потока принятых до сих пор ртутных ламп высокого давления.
После подробного обсуждения особенной характеристики натриевых ламп. даются предложения по более эффективному использованию их преимуществ

Хайнце, Й.: **Состояние и развитие электронных балластных сопротивлений для разрядных ламп высокого давления**

ELEKRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 457—458, 1 табл., 7 лит.

В настоящее время подготавливается массовое применение электронных балластных сопротивлений для разрядных ламп высокого давления. Приводятся причины замедления их внедрения. Обсуждаются преимущества и недостатки высокочастотного или импульсного режимов.

Фишер, Й.: **О характеристике интенсивности выбранных линий ртутных разрядных излучателей в пусковой фазе**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 458—459, 4 рис., 1 лит.

Дается описание измерительной аппаратуры, предназначенной для определения пусковой характеристики отдельных линий спектра разрядных излучателей. Приводятся пусковые характеристики излучателей типа HBO-200 для различных эксплуатационных условий.

Шаде, П.; Зэмиш, Х.: **Изготовление и свойства вольфрама для промышленности источников света**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 460—463, 11 рис., 1 табл., 25 лит.

После представления обзора по изготовлению вольфрама методом порошковой металлургии для нужд промышленности источников света, рассматриваются в частности металловедческие свойства легированного вольфрама. Показывается, что газовые пузыри калия, необходимые для формирования требуемых свойств рекристаллизации и высокотемпературной ползучести одновременно представляют собой предел материала способствующий выходу из строя лампы.

Шнайдер, Р.; Пламанн, В.: **Применение йодидов металлов в качестве люминесцентных примесей в разрядных лампах высокого давления**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 464—466, 5 рис., 1 табл., 5 уравн., 1 лит.

Путем целенаправленного применения различных йодидов металлов в качестве люминесцентных примесей в разрядных лампах высокого давления в значительной мере можно влиять на их эмиссионный спектр и приспосабливать его к данной цели применения. Дается описание применяемых йодидов и требований к их чистоте.

Стельдингер, Г.; Гёрке, Р.: **Новая программа прожекторов на галогенных лампах накаливания**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 467—470, 15 рис., 3 табл., 2 уравн.

На народном предприятии НАРВА им. Розы Люксембург разработан новый комплексный ассортимент прожекторов в диапазоне мощности от 0,5 до 2 кВт. После обзора типов прожекторов и их назначения представляются приборы с указанием всех технических и светотехнических параметров.

Беер, Ф.: **Результаты измерения по изучению характеристики пробега электрической дуги отключения и улучшению ограничения тока в плотных дугогасительных камерах**

ELEKTRIE, Берлин 38 (1984) 12, стр. 470—472, 6 рис., 6 лит.

Фаза наступающая непосредственно после размыкания контактных элементов с началом пробега электрической дуги от контактной системы в дугогасительную камеру является решающей для хорошего ограничения тока силового выключателя. Дается информация по исследованиям характеристики пробега электрической дуги в данной фазе и по воздействию на него путем облицовки газовыделяющим материалом или размещением перед дугогасительной гребенкой сопла Лаваля.

Nerlinger, P.: **Method of Determining the Scientific-Technical Level of Light Sources of the General Lightning**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 445 – 446, 1 Table, 5 Equations, 8 Refs.

A method of Determining the scientific-technical level of light sources is presented, which is adapted to comparing products. Simultaneously the value in use-costs-ratio is determined as efficieney-costs-rate.

Nerlinger, P.: **The Value in Use-Costs-Rate of the Energy Transformer „Light Source"**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 447 – 450, 5 Figs., 7 Equations, 7 Refs.

The value in use-costs-ratio, the „value in use-costs-rate", of light sources is represented as product of two functions, whereby the one function is reflecting the physical principle of action and the other one is representing both the technical-technological level and the economical conditions.

Hoger, E.-K.; Trotz, J.: **Performance Characteristics of Fluorescent Lamps during more high Operating Frequency and Different Luminescent Material Types**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 450 – 453, 9 Figs., 5 Tables, 6 Refs.

Radiation and performance characteristics of fluorescent lamps are determined and it is studied, what optimization measures are available with regard to luminescent material and operating frequency in technically realized systems.

Amlong, U.-J.; Schöpe, H.: **Sodium-Vapour High-Pressure Lamps and Some of Their Specialities during Operation in Practice**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 454 – 456, 8 Figs., 2 Tables, 4 Refs.

Sodium-vapour high-pressure lamps exhibit during the life a luminous flux behaviour, which deviates from the one of the mercury-vapour high-pressure lamps, hitherto used. After discussing the special behaviour of sodium-lamps (Na-lamps) in detail proposals of the better use of their advantages are made.

Heinze, J.: **State and Development of Electronic Ballasts of High-Pressure Gas Discharge Lamps**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 457 – 458, 1 Table, 7 Refs.

The abundant application of electronic ballasts for high-pressure gas discharge lamps is prepared at present. Reasons of the hesitating application are specified. Both advantages and disadvantages of the high-frequent or the pulsed operation are discussed.

Fischer, J.: **To the Intensity Behaviour of Selected Lines of Mercury-Vapour Discharge Radiators during the Starting Phase**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 458 – 459, 4 Figs., 1 Ref.

A measuring system adapted to determining the starting behaviour of single lines of the spectrum of discharge radiators is described. Starting curves of HBO 200-radiators during different operating conditions are presented.

Schade, P.; Sämisch, H.: **Production and Properties of Tungsten for the Light Sources Industry**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 460 – 463, 11 Figs., 1 Table, 25 Refs.

After giving a survey of the powder-metallurgical production of tungsten for the properties, resulting, especially, from the science of metals, of doped tungsten are dealt with. It is pointed out, that the potassium gas bubbles, which are necessary for producing the essential recrystallization and high-temperature creep properties, are representing simultaneously a material limit, which contributes to the lamp failure.

Schneider, R.; Plamann, W.: **Application of Metal Iodides as Luminescent Additions in High-Pressure Gas Discharge Lamps**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 464 – 466, 5 Figs., 1 Table, 5 Equations, 1 Ref.

Through the aimed application of different metal iodides as luminescent additions in high-pressure gas discharge lamps their emission spectrum may be influenced extensively and it may be adapted to the corresponding utilization. The properties of the used iodides as well as the requirements to the purity of them are described.

Steldinger, G.; Goerke, R.: **A New Spot Light Programme with Halogen Incandescence Lamps**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 467 – 470, 15 Figs., 3 Tables, 2 Equations

In the VEB NARVA „Rosa Luxemburg" a new complex spot light assortment of the power range 0,5 to 2 kW was developed. After giving a survey of the spot light types as well as of their classification by the users the devices with all of the technical and light-technical parameters are represented.

Breer, F.: **Measuring Results to the Delay Behaviour of the Switching Arc and to the Improvement of the Current Limiting in Compact Quenching Sheet Metal Chambers**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, pp. 470 – 472, 6 Figs., 6 Refs.

The phase directly after opening the switching elements with the beginning of arc wandering from the contact system into the quenching chamber is decidingly to a good current limiting of a power switch. On studies to the delay behaviour of the arc during that phase and on an influencing through lining with a gas eveolving material or through arrangement of a Laval nozzle before the quenching comb is reported.

Nerlinger, P.: **Methode zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus von Lichtquellen der Allgemeinbeleuchtung**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 445 – 446, 1 Tafel, 5 Gln., 8 Lit.

Es wird eine Methode zur Bestimmung des wissenschaftlich-technischen Niveaus von Lichtquellen angegeben, die für Erzeugnisvergleiche geeignet ist. Dabei wird das Verhältnis von Gebrauchswert zu Kosten als Nutzen-Kosten-Rate bestimmt.

Nerlinger, P.: **Die Nutzen-Kosten-Rate des Energiewandlers „Lichtquelle"**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 447 – 450, 5 Bilder, 7 Gln., 7 Lit.

Das Verhältnis von Gebrauchswert zu Kosten – die „Nutzen-Kosten-Rate" von Lichtquellen wird als Produkt von zwei Funktionen dargestellt, wobei die eine Funktion die physikalischen Wirkprinzipien widerspiegelt und die andere das technisch-technologische Niveau und die ökonomischen Bedingungen repräsentiert.

Hoger, E.-K.; Trotz, J.: **Leistungskennwerte von Leuchtstofflampen bei höherer Betriebsfrequenz und unterschiedlichen Leuchtstoffarten**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 450 – 453, 9 Bilder, 5 Tafeln, 6 Lit.

Es werden Strahlungs- und Leistungskennwerte von Leuchtstofflampen bestimmt und festgestellt, welche Optimierungsmaßnahmen bezüglich Leuchtstoff und Betriebsfrequenz sich an technisch ausgeführten Systemen anbieten.

Amlong, U.-J.; Schöpe, H.: **Natriumdampf-Hochdrucklampen und einige ihrer Besonderheiten im praktischen Betrieb**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984), 12, S. 454 – 456, 8 Bilder, 2 Tafeln, 4 Lit.

Natriumdampf-Hochdrucklampen weisen über die Lebensdauer ein Lichtstromverhalten auf, das von dem der bisher üblichen Quecksilberdampf-Hochdrucklampen abweicht. Nach Diskussion des besonderen Verhaltens von NA-Lampen werden Vorschläge zur besseren Nutzung unterbreitet.

Heinze, J.: **Stand und Entwicklung elektronischer Vorschaltgeräte für Hochdruckentladungslampen**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 457 – 458, 1 Tafel, 7 Lit.

Der massenhafte Einsatz von elektronischen Vorschaltgeräten für Hochdruckentladungslampen wird gegenwärtig vorbereitet. Gründe für den zögernden Einsatz werden angegeben. Vor- und Nachteile des hochfrequenten oder Impulsbetriebes werden diskutiert.

Fischer, J.: **Über das Intensitätsverhalten ausgewählter Linien von Quecksilberentladungsstrahlern in der Anlaufphase**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 458 – 459, 4 Bilder, 1 Lit.

Es wird eine Meßapparatur für die Bestimmung des Anlaufverhaltens einzelner Linien des Spektrums von Entladungsstrahlern beschrieben. Anlaufkurven von HBO-200-Strahlern bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen werden angegeben.

Schade, P.; Sämisch, H.: **Herstellung und Eigenschaften von Wolfram für die Lichtquellenindustrie**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 460 – 463, 11 Bilder, 1 Tafel, 25 Lit.

Nach einem Überblick zur pulvermetallurgischen Herstellung von Wolfram für die Lichtquellenindustrie werden insbesondere die metallkundlichen Eigenschaften von gedoptem Wolfram behandelt. Es wird gezeigt, daß die zur Erzeugung der erforderlichen Rekristallisations- und Hochtemperaturkriecheigenschaften notwendigen Kalium-Gasblasen gleichzeitig eine zum Lampenausfall beitragende Werkstoffgrenze darstellen.

Schneider, R.; Plamann, W.: **Einsatz von Metalljodiden als Leuchtzusätze in Hochdruckentladungslampen**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 464 – 466, 5 Bilder, 1 Tafel, 5 Gln., 1 Lit.

Durch den gezielten Einsatz verschiedener Metalljodide als Leuchtzusätze in Hochdruckentladungslampen kann deren Emissionsspektrum weitgehend beeinflußt und dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt werden. Die Eigenschaften der verwendeten Jodide und die Anforderungen an ihre Reinheit werden beschrieben.

Stelldinger, G.; Goerke, R.: **Ein neues Scheinwerferprogramm mit Halogenglühlampen**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 467 – 470, 15 Bilder, 3 Tafeln, 2 Gln.

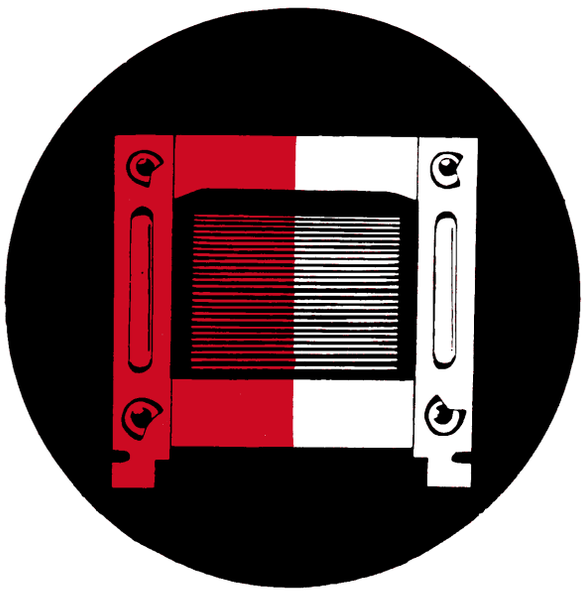
Im VEB NARVA „Rosa Luxemburg" wurde ein neues komplexes Scheinwerfersortiment im Leistungsbereich 0,5 bis 2 kW entwickelt. Nach einer Übersicht der Scheinwerfertypen werden die Geräte mit allen technischen und lichttechnischen Parametern vorgestellt.

Beer, F.: **Meßergebnisse zum Laufverhalten des Schaltlichtbogens und zur Verbesserung der Strombegrenzung in kompakten Löschblechkammern**

ELEKTRIE, Berlin 38 (1984) 12, S. 470 – 472, 6 Bilder, 6 Lit.

Die Phase unmittelbar nach Öffnen der Schaltstücke mit dem Wanderungsbeginn des Lichtbogens vom Kontaktsystem in die Löschkammer ist entscheidend für eine gute Strombegrenzung eines Leistungsschalters. Es wird über Untersuchungen zum Laufverhalten des Lichtbogens in dieser Phase und Einflußnahme durch Auskleidung mit gasendem Material oder Anordnung einer Laval-Düse vor dem Löschkamm berichtet.

Herausgeber	Kammer der Technik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 2870 0; Telex: 011 2228 techn dd
Verlagsdirektor	Dipl. oec. *Herbert Sandig*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Verantwortlicher Redakteur (Telefon: 2870345) Dipl.-Ing. *Wolfgang Rönspieß*, Redakteur (Telefon: 2870343)
Lizenz-Nr.	1100 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	2,50 M, Abonnementpreis vierteljährlich 7,50 M. Auslandpreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Gesamtherstellung	III/18/328 Messedruck Leipzig, BT Borsdorf 7122 Borsdorf
Anzeigenannahme	Für Bevölkerungsanzeigen alle Anzeigen-Annahmestellen in der DDR, für Wirtschaftsanzeigen der VEB Verlag Technik, 1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 201 Anzeigenpreisliste Nr. 7 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157, Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechun en sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P.O. Box 88 Beijing
ČSSR	PNS – Ústrédni Expedicia a Dovoz Tisku Praha, Vinohardská 41, 125 05 Praha PNS, Ústred na Expedicia Tiače, Gottwaldovo nám. 48, 88419 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publictions Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
VR Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
SR Rumänien	Directia Generala a Postei si Difuzarii Presei, Palatul Administrativ, Bucuresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Ungarische VR	P.K.H.I., Külföldi Elöfizetési Osztály, P.O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Hanoi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141 – 167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, A-2345 Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Fachbuchhandel BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; und Leipzig Book Service DDR-7010 Leipzig, Talstraße 29



VAKUUM IMPRÄGNIER ANLAGEN

für das Überziehen und Durchimprägnieren poröser Körper mit Flüssigkeiten für den Elektromaschinenbau, von Kabeln, Textilien, Kondensatoren, Leder, Keramik, Graphit- und Kohleformlingen, zur Holzkonservierung

VAKUUM AUFBEREITUNGS-ANLAGEN FÜR TRANS-FORMATORENÖL

zum Aufbereiten und Regenerieren von Isolierölen für Transformatoren, Kondensatoren und Kabel

VEB RATIONALISIERUNG
Vakuumtechnik Sangerhausen
Betrieb im VEB Kombinat
Anlagen- und Gerätebau Halle
DDR · 4700 · Sangerhausen
Telefon: 4321 · Telex: 048728

Exporteur:
Fortschritt Landmaschinen
Export-Import · Volkseigener
Außenhandelsbetrieb der
Deutschen Demokratischen
Republik · DDR-1185 Berlin,
Bruno-Taut-Straße

NEUERSCHEINUNG

Boolesche Gleichungen

Theorie, Anwendungen, Algorithmen

Herausgegeben von Prof. Dr. sc. techn. Dieter Bochmann, Prof. Dr. sc. techn. A. D. Zakrevskij und Prof. Dr. sc. techn. Dr. rer. nat. Christian Posthoff.
240 Seiten, 57 Bilder, 47 Tafeln, Pappband, 33,— M.
Bestellangaben: 5533249/Bochmann, Gleichungen

Boolesche Gleichungen sind vor allem durch Untersuchungen zur mathematischen Logik theoretisch gut erschlossen. Ingenieure wenden sie beim logischen Entwurf digitaler Systeme in der Steuerungstechnik und in verschiedenen Zielstellungen der Programmierung an. Dabei wurden jedoch bisher die Möglichkeiten der Theorie nicht ausgenutzt und nur recht elementare Grundlagen verwandt.
Der soeben erschienene Sammelband setzt sich das Ziel, die Leistungsfähigkeit dieser mathematischen Disziplin zu zeigen und auch neuere theoretische Ergebnisse für die Praxis aufzubereiten. Die einzelnen Beiträge sind orientiert auf:

- rechentechnische Verfahren für technische Aufgabenstellungen, speziell unter Berücksichtigung großer Variablenzahlen
- die Modellierung technischer Probleme durch Boolesche Gleichungen
- theoretische Ergebnisse, die für technische Prozesse relevant sind (Boolesche Differentialgleichungen, Dekomposition, Kodierung)
- algorithmische Lösungen technischer Probleme.

Neben Autoren aus der DDR konnten Autoren aus der Sowjetunion, insbesondere aus der traditionsreichen Minsker Schule, sowie ein Autor aus Belgien gewonnen werden.

Vertriebsrechte für die nichtsozialistischen Länder vergeben

Auslieferung durch den Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

6730 12 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF

ISSN 0013 — 5399
ELEKTRIE · Berlin 38 (1984) 12 · S. 441 — 480